

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

ANAIIS

DO

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Vol. VII—Fasc. 2.º



1936
COMPOSTO E IMPRESSO
NA
OTTOSGRAFICA
- CONDE BARÃO, 50 -
LISBOA



INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

ANNAIS

23

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

ANNAIS

DO

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

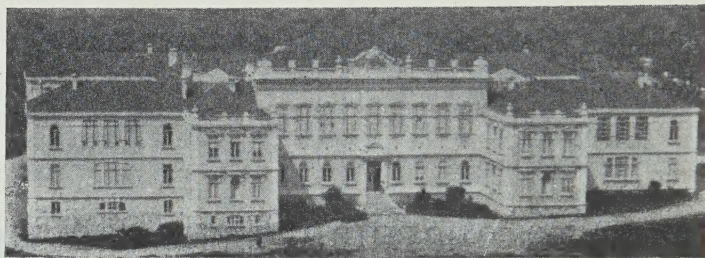


INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA



INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

ANAIIS

DO

SUMÁRIO

INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA

Vol. VII—Fasc. 2.º



1936
COMPOSTO E IMPRESSO
NA
OTTOSGRAFICA
- CONDE BARÃO, 50 -
LISBOA

Digitized by the Internet Archive
in 2025

SUMÁRIO

- PROF. A. CÂMARA — Uma hipótese sobre o mecanismo das translocações.
- PROF. RUI DE FERRO MAYER — Notas sobre o problema da avaliação do escoamento.
- PROF. A. CÂMARA — Indução de poliploides no trigo.
- PROF. A. BAPTISTA RAMIRES — Aspecto paradoxal da emigração portuguesa — Análise positiva — Valores negativos.
- PROF. JAIME BOAVENTURA DE AZEVEDO — Prefácio — *Conservador Carlos Simões*, Catalogação e anotações — Obras de Agricultura e ciências subsidiárias dos séculos XVII, XVIII e princípios do século XIX, em português e latim, originais e traduções existentes na Biblioteca do Instituto Superior de Agronomia.

Uma hipótese sobre o mecanismo das translocações

PROF. A. CAMARA

I

Supõe-se que as *translocações* derivam da fragmentação dos cromosomas, seguida da soldadura tampo a tampo dos segmentos destacados, ou da ligação seguida logo depois da ruptura. Os elementos de ordem genética ou citológica, que sobre este problema se têm acumulado, são ainda insuficientes para precisar com rigor qual destas explicações é a que melhor se ajusta à verdade dos factos. A experimentação genética parece mostrar que a justificação mais plausível da origem das translocações é a da ligação seguida do rompimento (Patterson, 1934). Mas ignora-se ainda se todas as translocações são criadas pelo mesmo processo.

Não nos preocupa no presente trabalho discutir estas variações em geral. Interessa-nos apenas tratar de umas que julgamos deverem merecer uma análise cuidadosa. Queremo-nos referir às translocações, ou anomalias relacionadas, como inversões e duplicações, que envolvem extensões muito reduzidas de cromosomas.

Um exemplo bem conhecido, ilustrativo duma destas variações, é fornecido pela duplicação «*vermilion-sable*» da *Drosophila melanogaster*. Como se sabe quando se verificou, pela primeira vez, a existência desta duplicação, supôs-se que ela correspondia a uma extensão do cromosoma igual à distância que há entre os dois genes considerados; isto é, que essa extensão fôsse igual a 10 unidades. Ora o que é verdade é que pelos ensaios genéticos se verificou que, em vez dos genes *vermilion* e *sable*, da peça translocada, ficarem a tal distância, eles residiam em *loci* vizinhos. Significava isto que a duplicação fôra restringida apenas aos genes.

Há outros casos de translocações diminutas, aliás bem estuda-

das, sob o ponto de vista genético, que nos deixam embaraçados, duvidando de que elas possam derivar pelos processos apontados, de ligação e fragmentação.

Assim o agrónomo argentino Burkart (1931) referiu uma variação na *Drosophila* em que uma pequena peça do cromosoma X, arrastando os genes *yellow* e *scute*, se destacara para se ir soldar à região mediana do II par de cromosomas.

Uma das translocações estudadas por Patterson e seus colaboradores (1934) resultou duma porção do cromosoma X entre os factores *yellow* e *scute* que estão localizados a 0 unidades. Ainda os mesmos investigadores mencionam outra translocação para os cromosomas II e IV, em que o II, funcionando de dador, forneceu uma extensão cromosómica diminuta, para a direita do gene *speck*.

A citação destes factos parece mostrar que o fenómeno básico da translocação é muito mais complexo do que se poderia julgar, pelas explicações atrás referidas.

Efectivamente, é como é que elas se podem aceitar quando uma translocação diminuta, como a da duplicação citada, conduz somente à passagem de dois genes, sem haver o natural arrastamento do fragmento cromosómico intermédio?

Apresentaremos seguidamente alguns resultados, dos nossos trabalhos citológicos, que parecem dar uma demonstração interessante da maneira porque certos genes podem ser transferidos, de cromosoma a cromosoma, sem que *essa transferência exija o transporte de toda uma extensão cromosómica*.

II

Nos trabalhos que temos efectuado em «Aloë», para determinar a influência dos raios X sobre a meiose (1), tivemos ocasião de observar uns arranjos muito curiosos que parecem dar alguma luz sobre o problema.

Em certos casos de paquítenas e diplotenas, notámos uns filamentos muito ténues, que saíam dum par de cromosomas e que depois de descreverem uma trajectória, mais ou menos longa, quasi sempre

(1) A técnica adoptada encontra-se descrita em trabalho anterior (Câmara, 1955, b).

em zig-zag, ingressam em outro par. Constituem verdadeiras «pontes» de passagem do material de cromatina.

As nossas figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 dão exemplos destas ligações.

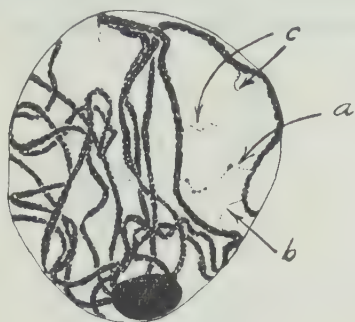


FIG. 1

Estabelecimento de «pontes»

Em *a* vê-se uma ponte completa a ligar dois cromosomas de pares diferentes; nesta ponte observam-se cinco corpúsculos que podem ser interpretados facilmente como cromômeros. Em *b* nota-se uma outra ponte e em *c* duas incompletas

Da mesma maneira as microfotografias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam outros casos do estabelecimento das pontes.

Estas ligações são geralmente sinuosas e apresentam de espaços a espaços, e quási sempre nos ângulos, umas pequenas turgescências.

Às vezes, à saída destes filamentos, nota-se no cromosoma da-

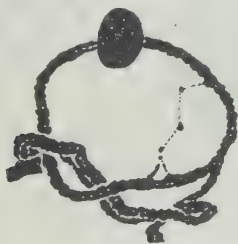


FIG. 2



FIG. 3

dor um vazio correspondente a uma deficiência (Fig. 2). É natural deduzir assim que tal deficiência corresponde ao material que acabou de ser expelido para o exterior. Devemos observar, contudo, que a

extensão das pontes é muito maior que a das deficiências. Mas de-certo não podemos ajuizar da extensão da matéria cromosômica, lançada na ponte, senão pelo volume das turgescências. E êsse parece idêntico ao das deficiências notadas. É crível assim que êsses filamentos se distendam logo que irrompam dos cromosomas, em consequência das



FIG. 4

condições do meio ou até de certas forças de atracção que ainda desconhecemos.

Uma vez que se prova que as *pontes de ligação* apresentam turgescências, e que o volume total destas é aparentemente igual ao das deficiências, observadas nos cromosomas dadores, é lógico admitir que elas sejam *cromomeras* ou mais provavelmente *cromiolos*. E então, se aceitamos que as turgescências referidas são cromiolos, essas pontes, transportando matéria génica, hão-de originar necessariamente *translocações*.

Freqüentemente, quando se observam estruturas desta ordem,

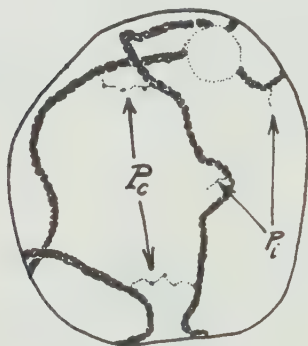


FIG. 5

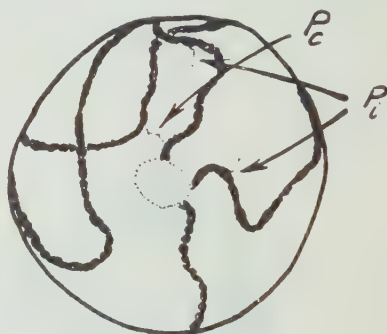


FIG. 6

vêm-se também filamentos que irrompem dos cromosomas mas que não chegam a vencer as distâncias entre dois elementos vizinhos. Como se pode verificar na fig. 1, encontram-se, além duma ponte com cinco cromiolos (a) e de outra sem nenhum visível (b), duas ligações como as que referimos, incompletas ou apenas iniciadas (c). Da mesma ma-

neira nas figs. 5 e 6 e nas fotografias 6 e 8 observam-se pontes completas (P_c) e outras incompletas (P_i).

Há ainda um outro aspecto, embora raro, que merece referência. Assim observa-se, em determinadas «pontes», que no cromosoma dador existe, no *locus* da emissão, um pequeno desvio angular do mate-

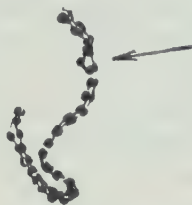


FIG. 7

Deficiência dum cromomera $\times 3350$

rial cromosômico (Fig. 2). É de notar que êste aspecto se verifica mais freqüentemente nas paquítenas muito avançadas. Parece-nos que êsse arranjo lateral corresponde apenas à matriz do cromosoma. Dir-se-ia, pelos casos que conseguimos estudar, que ela funciona como uma

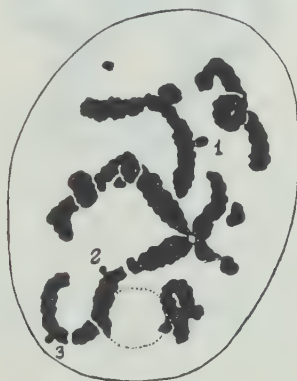


FIG. 8

Diaquinese alterada pela irradiação.
Em (1), (2) e (3) vêem-se trabantes laterais. $\times 3350$

baínha que se conserva ligada, numa dada extensão, depois da rutura, enquanto se desprende a ponte. Claro que isto não passa duma simples conjectura. Temos de a apresentar com tôdas as reservas, tanto mais que só raramente pudemos observar tais aspectos.

A posição das turgescências nos filamentos parece ser causa

determinante do seu aspecto sinuoso. Assim, regra quasi geral, a cada ângulo da ponte corresponde uma dessas turgescências. Estas têm dimensões e configurações muito variáveis, o que mais reforça a suposição delas serem cromíolos. A sua inserção no filamento é também sujeita a certa variabilidade.

A entrada da «ponte» no cromosoma recípiante é marcado por vezes por uma forte turgescência. O ponto de soldadura é, nesses casos, claramente visível.

Este aspecto das pontes só se observa nas paquítenas e raramente nas diplotenas (fotog. 10 e fig. 10).

Os filamentos interrompidos, observados em paquítenas avan-



FIG. 9

Nesta diaquinese (vide fotog. 12) vêem-se corpúsculos, como (1), (2) e (3), que parecem ter sido destacados dos cromosomas. Um deles (1) podia ter sido trabante lateral do cromosoma A. $\times 3350$

çadas, são, pela sua disposição, claramente interpretados como pontes que acabam de sofrer a rutura, entre os cromosomas envolvidos no processo. Não é crível de facto que, nestes casos, sejam pontes em início. Parece-nos que não pode haver dúvidas quanto ao rompimento dessas ligações particulares, visto que por um lado a fase da paquítena está já muito avançada e por outro há perfeita oposição desses troços de filamentos.

Há, por último, um outro aspecto que merece a ponderação. Encontram-se em diaquínese, e com relativa frequência, satélites ou

trabantes laterais. As figs. 8 e 10 e a fotog. 11 são exemplos destes arranjos.

Alguns destes trabantes, pelo volume relativamente importante que têm, devem ser considerados como resultantes da soldadura de fragmentos destacados do cromosoma dador. Demais a existência de fragmentos dispersos na célula parece mostrar a possibilidade da sua ligação com os cromosomas. Outros trabantes, porém, não devem resultar desta simples soldadura, mas da inserção das «pontes». A fig. 10 é bastante elucidativa para se compreender que um grande número desses pequenos trabantes pode resultar de pontes. Parece-nos que

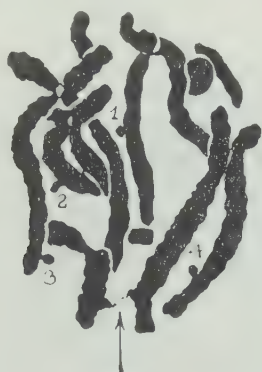


FIG. 10

Diaquinese alterada pelos raios X
Observam-se quatro trabantes laterais (1, 2, 3 e 4) e uma ligação entre dois cromosomas (vide fotog. 10)
× 3350

tais estruturas apenas traduzem o começo da inserção, visto que nunca as conseguimos observar em metafases.

Importa acentuar, a este respeito, que em todo o nosso vasto material não encontramos um único caso claro de estrutura ramificada. Encontramos, é certo, como dissemos, numerosíssimos trabantes laterais, mas só em profases, paquítenas, díplotenas e diaquínese. Em profases, de material fixado depois de decorrido pouco tempo a seguir à irradiação, este tipo de variações é muito freqüente, como mostraremos num trabalho que será publicado em breve.

Os nossos resultados parecem mostrar que as translocações dímínutas se devem produzir pelo estabelecimento de ligações entre

os cromosomas interessados na variação. Como vimos, as *pontes* devem transportar massa génica, e partindo assim dum cromosoma dador, depois de percorrerem um certo trajecto, hão-de naturalmente ser inseridas no cromosoma receptor.

Uma vez que esta explicação das translocações a distância, por intermédio de ligamentos, sem necessidade dos cromosomas estabelecerem contactos prévios, se afasta das explicações correntes, é natural sujeitá-la a uma crítica detida, procurando discutir todos os elementos que ela nos fornece. É essa crítica que vamos seguidamente apresentar.

III

Logo de princípio, ao considerar-se esta explicação, deve supor-se que, se este tipo de translocações se pudesse dar, êle conduziria à formação de estruturas ramificadas; e portanto deduzir-se-ia que estas haviam de ser bastante freqüentes, o que não está de acôrdo, como vimos, com a realidade dos factos. Claro que se poderia argumentar desde logo aludindo à circunstância das translocações, a que estamos fazendo referência, serem *diminutas*; por essa razão nunca o exame citológico ordinário poderia verificar o aparecimento dessas peças extremamente reduzidas. Embora esta afirmação tivesse valor, como bem se compreende, julgamos que outras razões nos assistem.

Em primeiro lugar há opiniões, bem fundamentadas em investigações citogenéticas, que parecem invalidar a concepção das estruturas ramificadas. Kossikov e Muller (1935), por exemplo, forneceram alguns elementos interessantes, demonstrativos de que é errónea semelhante concepção.

É conveniente informar de que estes investigadores estudaram a citologia duma translocação da *Drosophila melanogaster*—a «Pale»—que fôra interpretada pela experimentação genética como resultante duma soldadura lateral.

Pelo nosso lado apresentamos a seguinte argumentação. Devemos notar que no material estudado, à parte o caso já referido de trabantes, não encontramos, como dissemos, casos nítidos de translocações laterais. Demais não se mostraram trabantes senão na profase e só em indivíduos estudados logo após a irradiação. Assim depois da diáquinese já não são visíveis; da mesma maneira quando o material foi fixado, depois de alguns dias de tratamento, não se conseguem observar tais estruturas.

Poderia supor-se que as fixações fôsem más e que êste facto ajudado pela dificuldade de estudar cromosomas extremamente contraídos não permitisse descobrir essas estruturas ramificadas. Devemos frisar, no entanto, que observámos freqüentemente trabantes terminais; e que estes, a-pesar-da grande contracção das metafases da divisão heterotípica, eram claramente visíveis. Não parece pois que uma má fixação do material ou uma excessiva contracção, experimentada na divisão rédutora, pudessem justificar o desaparecimento de tais arranjos laterais. Parece-nos pelo contrário que as estruturas ramificadas derivaram da *inserção das peças soldadas ou das pontes de ligação* e

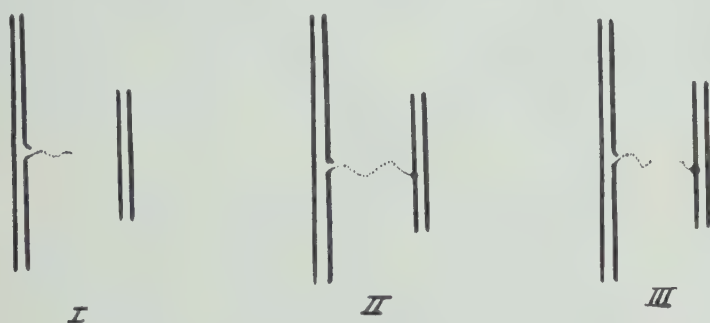


FIG. 11

Esquema da produção de translocações «diminutas», segundo a hipótese enunciada no presente trabalho

Em I vê-se, à esquerda, um cromossoma dador emitindo uma «ponte».

Em II vê-se a «ponte» já constituída a ligar ambos os cromossomas interessados no processo. Em III vê-se, finalmente, o rompimento e o início de inserção da peça translocada

são efêmeras, tendendo para ser eliminadas por ruturas ulteriores ou para ser inseridas na unidade do cromossoma receptor.

Mas prossigamos a nossa discussão sobre a origem das translocações. Vimos primeiramente as explicações dadas sobre a realização de translocações e inversões. Estamos evidentemente convencidos que esclarecem *determinados* tipos de translocações. Entretanto, a-pesar-da extrema simplicidade dessas hipóteses e da clareza como explicam essas variações, temos forçosamente de reconhecer que o seu alcance não chega para abranger todos os casos. Com efeito o aparecimento de translocações *diminutas*—como já referimos—restringidas a pequeníssimos segmentos dos cromosomas e até a extensões extremamente reduzidas e afastadas, não se compreende facilmente perante tais hi-

póteses. Pelo menos aquelas explicações singelas teriam de considerar primeiro o ingresso, num cromosoma receptor, duma porção de cromosoma dador, e depois a saída por mecanismo idêntico duma extensão da peça translocada; isto é, verificar-se-iam sucessivamente duas variações o que parece pouco provável.

Apresentámos a existência de *pontes*. Vimos mesmo que o mecanismo do seu estabelecimento é, segundo o nosso critério, responsável por essas translocações particulares.

Há certos factos, contudo, que parecem invalidar o alcance desta hipótese. Já argumentámos contra o valor dessas pontes aludindo ao facto de que elas deviam conduzir à formação de cromosomas ramificados; mas vimos como êsse argumento tinha pouco va-



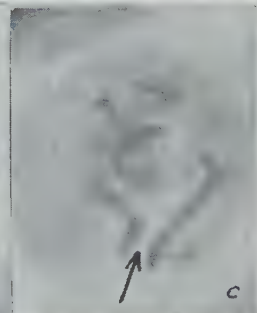
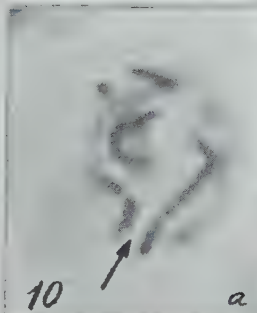
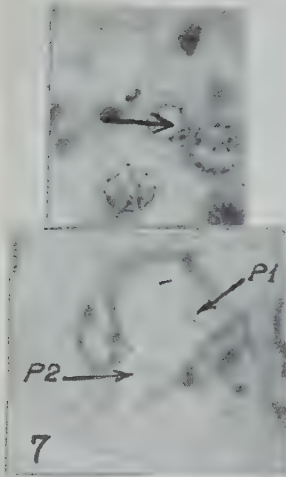
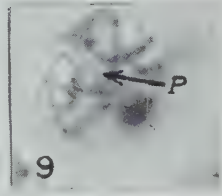
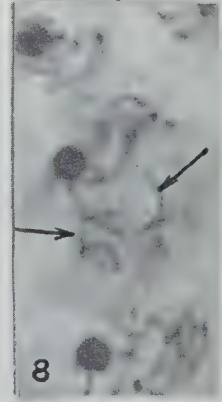
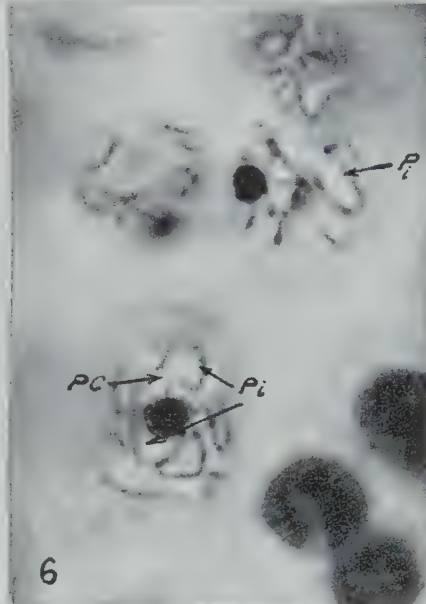
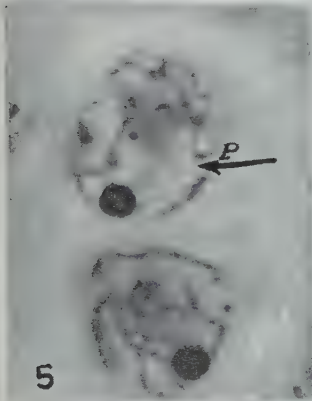
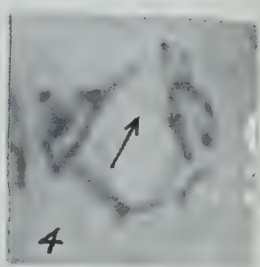
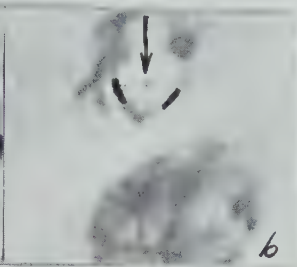
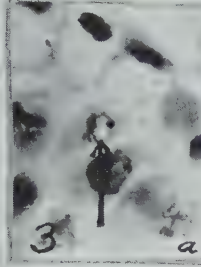
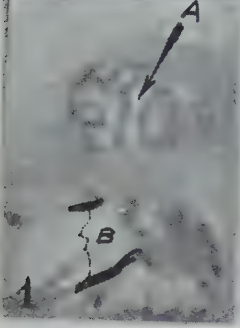
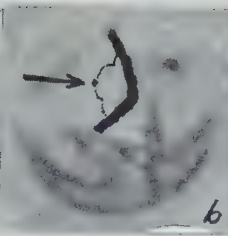
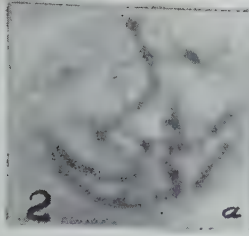
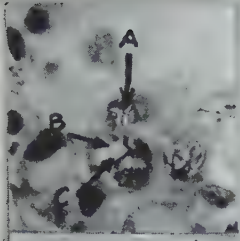
FIG. 12

Esquema da produção de inversões «diminutas»
pelo mecanismo do estabelecimento de «pontes»

lor, pois só encontrámos estruturas ramificadas na profase. Referimos mais que, uma vez que se não encontram em outros estados e que só se observam quando decorre pouco tempo após a irradiação, é de acreditar que as estruturas ramificadas sejam efémeras.

Outro argumento, que se poderia invocar, é que êste fenómeno do estabelecimento das pontes é excepçional. Só o conseguimos observar de facto em material sujeito a irradiação. É um fenómeno certamente raro sob as condições naturais. Não nos parece, porém, que êste facto constitua razão bastante para duvidar da existência de tais ligações. Com efeito os resultados genéticos da *Drosóphila*, obtidos depois da irradiação, mostram que são raras as translocações diminutas. No material sujeito a raios X vêem-se com muito mais frequência deslocacões de peças de grandes dimensões.

Depois para se poderem observar aquelas *pontes* é preciso ter a sorte de encontrar a fase favorável. Pareceu-nos que ela era a paquítena. Mas nem em tôdas as paquítenas estudadas, de numerosíssimas células, se poderam observar tais estruturas. Devemos concluir,



portanto, que só em *determinados estados* das paquítenas pode ocorrer tal fenómeno. É lógico ainda acreditar que, para se dar o estabelecimento de pontes, é indispensável haver simultaneidade entre a emissão do filamento génico e a criação dum ponto receptivo no cromosoma que há-de funcionar de receptor. Em face desta dupla exigência compreende-se naturalmente que o fenómeno não pode ser mais freqüente.

Argumentar-se-á ainda atribuindo a possíveis inversões a existência de semelhantes pontes. Devemos referir que, a comêço, quando iniciámos a observação de tais arranjos, supozemos estar a tratar com estruturas resultantes de inversões cromosómicas. Temos a certeza,

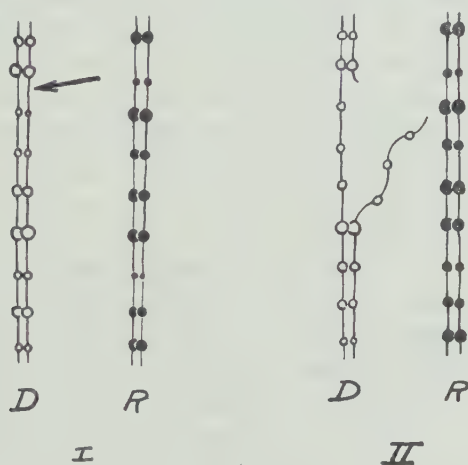


FIG. 13

porém, depois do estudo atento que efectuámos, que elas não podiam resultar de inversões, visto que se estabeleciam entre pares perfeitamente distintos de cromossomas.

Observam-se nos elementos cromosómicos, ruturas em determinados pontos da sua extensão. Não podemos evidentemente localizar com exactidão, para todos os casos, êsses pontos de rutura. Se em alguns cromossomas o rompimento parece dar-se indiferentemente em qualquer ponto, noutros, pelo contrário, parece que êsse ponto de rutura é bem determinado.

Nós próprios já em trabalho anterior (Câmara 1935, a) havíamos verificado que existem *regiões críticas* de rutura.

Ao estabelecimento da solução de continuidade num cromosoma

soma ou num simples cromatídeo, conforme os casos, deve corresponder uma certa independência dos elementos constituintes do par de cromosomas. Diríamos mesmo que a ruptura num desses elementos afrouxaria, em dada extensão, a força que mantém emparelhados os cromosomas homólogos. É crível então que um cromosoma ou um cromatídeo, assim cortados, irrompessem para o exterior e pudessem insinuar-se em qualquer solução de continuidade que porventura tivesse surgido em um cromosoma vizinho (fig. 11 e 13). No nosso material vêm-se com clareza estas *pontes* e notam-se até as inserções nos cromosomas receptores.

O esquema da fig. 11 traduz de certa maneira o que se pode observar em paquítenas. Em I vê-se um cromosoma que acaba de sofrer um rompimento, em determinado nível, e que destaca em seguida, para o exterior, um tenue filamento de cromatina. Êste, depois de percorrer um certo trajecto, encontra um ponto receptivo de outro cromosoma e insere-se nêle (II). Claro que êste ponto receptivo pode ser outra solução de continuidade a que vai seguir-se o lançamento de outra ponte.

Tôdas estas condições parecem notar-se no nosso material. Nêle aparecem deficiências nítidas, criadas pela irradiação (fig. 7). Contam-se até extensões em que faltam cinco cromômeros. Parece evidente que uma deficiência desta ordem deve constituir uma porta aberta à entrada dum filamento dimanado dum cromosoma dador.

Pergunta-se naturalmente como é que um cromosoma, perdendo uma certa extensão, não fragmenta e acaba por soldar, como provam os resultados genéticos e citológicos, os dois troços que momentaneamente haviam sido separados. A resposta é fácil: não se fragmenta, *nesta ocasião*, porque está emparelhado e porque a homologia que êle mantém com o seu parceiro, em tôda a extensão, o força, enquanto durar a sinapsis, a conservar a posição devida a cada *locus*. Daquí se compreende que se possam observar deficiências. Poderá ficar ainda alguma dúvida sobre a maneira porque se operará a soldadura. Mas êste processo de soldadura há-de ser naturalmente o mesmo que ocorre nas translocações correntes. Haverá de-certo casos em que se não chega a dar a ligação, e os fragmentos resultantes, que forem destituídos de contração quinética, desaparecerão em sucessivas gerações celulares. Mas haverá certamente outros casos em que a contração, do material dos cromosomas, aproximará as superfícies separadas pela ruptura. Depois qualquer força de atracção, que ainda ignoramos mas que seguramente existe, soldará

esses troços até então desligados. Seria essa mesma atracção que justificaria a ligação ulterior do material no cromosoma receptor. Segundo esta concepção formar-se-iam finalmente cromosomas como os representados em III da figura acima referida.

Da apreciação detida dos diversos casos que nos foi dado observar concluímos que êles se ajustam à hipótese que acabámos de estabelecer.

Duma maneira idêntica, à que descrevemos para as translocações, encontrámos casos em que filamentos saídos dum cromosoma se iam inserir nêle novamente, mas em outros *loci*, lembrando tratar-se de inversões limitadas a extensões muito pequenas. Ainda o nosso esquema da fig. 13 esclarece a formação de inversões dêste tipo, segundo os resultados das nossas observações.

Somos levados a acreditar, pelos nossos estudos citológicos, que a hipótese formulada esclarece a formação de translocações diminutas, embora ela venha desacompanhada da experimentação genética, que os indivíduos utilizados não podiam fornecer.

Depois do que dissemos torna-se difícil duvidar da ocorrência de «*pontes*» de cromatina entre cromosomas.

Acentuámos que não vímos só um dêstes casos mas vários. E todos pareciam bastante claros. Importa referir por último que Huskins e Smith (1935), ao mencionarem a existência de pontes de cromatina, no *crossing-over*, de segmentos invertidos de cromosomas, apresentam desenhos de filamentos que muito se aproximam dos que tivemos ensejo de examinar. ¿ Então se são verdadeiras estas pontes, se representam realmente matéria de cromatina trocada entre cromosomas homologos, através do *crossing-over*, porque não hão-de representar igualmente matéria de cromatina as pontes observadas, dum par de cromosomas para outro, na realização de translocações?

Assim julgamos que possuímos bastantes elementos para apresentar por último as seguintes conclusões:

1. — As hipóteses correntemente formuladas para explicar a formação de translocações são inadapáveis a todos os casos. Em translocações restringidas a um reduzido grupo de genes não se compreende bem o sistema usualmente descrito.

2. — Acredita-se que existindo translocações *diminutas*, que se traduzem pela transferência de extensões muito limitadas de cro-

mosomas, estas hão-de ser criadas por um processo completamente diferente.

3. — Êste processo consiste na saída do cromosoma dador duma «ponte», contendo matéria genica, que se vai insinuar no cromosoma receptor.

4. — O estabelecimento das «pontes» é responsável não só pelas translocações mas pelas duplicações e inversões diminutas.

5. — As estruturas ramificadas, provenientes da inserção destas «pontes», são efémeras e tendem para ser eliminadas ou para ser inseridas no cromosoma receptor.

Eine Hypothese von dem Mechanismus der Translokationen

In dieser Arbeit geben wir einige Resultate unserer cytologischen Studien, die wir mit chromosomischen Verbindungen machten, wieder, und die eine interessante Beweisführung darzustellen scheinen, wie gewisse Gene von Chromosom zu Chromosom übertragen werden können, ohne dass diese Übertragung den Transport eines ganzen chromosomischen Begriffes bedingt.

Bei den Arbeiten, die wir mit *Aloë* ausführten, um den Einfluss der X Strahlen auf die Meiose festzustellen, hatten wir Gelegenheit sehr eigenartige Bildungen zu beobachten, welche in gewissem Sinn das Problem zu klären scheinen.

In einigen Fällen bemerkten wir im Pachytän- und Diplotänstadium einige sehr feine Fäden, welche aus einem Chromosomenpaar hervortraten, um dann in ein anderes Paar einzudringen, nachdem sie einen mehr oder weniger langen Weg, fast immer in Zickzackform zurückgelegt hatten. Sie stellten richtige «Brücken» für den Transport der Chromatinsubstanz dar.

Unsere Abbildungen 1, 2, 3, 4, 5 und 6, sind Beispiele dieser Verbindungen. Auch die Mikrofotografien 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 zeigen Fälle der Herstellung von «Brücken».

Diese Verbindungen sind im allgemeinen krumm und zeigen, in Zwischenräumen (und fast immer an den Krümmungen), kleine Anschwellungen.

Man bemerkt manchmal beim Austritt der Fäden einen Leerraum im Chromosom, welcher sicherlich dem Material entspricht, das soeben nach aussen gestossen wurde (Fig. 2). Indessen wurde beobachtet, dass die Ausdehnung der «Brücken» grösser als die leere Stelle ist; doch können wir uns über die Ausdehnung der chromosomischen Materie, welche zur Brückenbildung ausgestossen wurde, mittels des Volumens der Anschwellungen, einen Begriff machen. Jenes scheint den beobachteten Leerräumen identisch zu sein.

Augenscheinlich dehnen sich diese Fäden, in Folge der Umgebungsbedingungen oder gezwungen durch gewisse, noch unbekannte Anziehungskräfte, sobald sie aus den Chromosomen heraustreten, aus.

Sind einmal die Anschwellungen in den Verbindungsbrücken bewiesen, und auch, dass ihr totales Volumen ungefähr den beobachteten Leerräumen in den Ausgangschromosomen entspricht, so kann man logischerweise annehmen, dass es sich um Chromomeren oder wahrscheinlicher um Chromiolen handelt. Angenommen, dass die erwähnten Anschwellungen wirklich Chromiolen sind, so müssen durch diese «Brücken», die die genetische Materie weiterleiten, unbedingt Translokationen entstehen.

Im Pachytänstadium, in welchem solche Bildungen beobachtet werden, sieht man oft auch Fäden. Diese durchbrechen die Chromosomen, sind aber nicht im Stande die Entfernung zwischen zwei Nachbar elementen zurückzulegen. Wie man in Fig. 1 beobachten kann, befinden sich hier ausser einer Brücke mit 5 Chromiolen (a) und einer ohne ein sichtbares (b), zwei von den unvollständigen, oder eben begonnenen Verbindungen, die wir erwähnten. Man kann genau so in den Figuren 5 und 6 und in den Fotografien 6 und 8 vollständige (Pc) und unvollständige (Pi) Brücken beobachten.

Der entscheidende Grund für das krumme Aussehen der Fäden scheint die Position der Anschwellungen zu sein. Jeder Krümmung der Brücken entspricht fast ausnahmslos eine Anschwellung. Diese haben sehr verschiedene Ausdehnungen und Formen, die noch die Vermutung verstärken, dass es sich um Chromiolen handelt. Die Art ihrer Einfügung in die Fäden ist auch Verschiedenheiten unterworfen.

Etwas anderes ist noch beachtenswert. In den Diakinesestadien werden relativ oft Satelliten oder Seitentrabanten gefunden. Die Figuren 8 und 10 und die Fotografie 11 sind Beispiele für diese Bildungen.

Einige dieser Trabanten, dem relativ wichtigen Umfang entsprechend, müssen als Resultate der Verschmelzung der Fragmente betrachtet werden, welche von dem Geber-Chromosom abgesondert wurden. Ueberdies scheint die Anwesenheit von verstreuten Fragmenten in der Zelle die Möglichkeit ihrer Verbindung mit den Chromosomen zu zeigen. Andere Trabanten dürfen wohl nicht die Folge einer einfachen Verschmelzung, doch durch den Eintritt der Brücken bewirkt, sein. Die Fig. 10 ist klar genug, um verstehen zu können, dass eine grosse Anzahl dieser kleinen Trabanten von der Brückenbildung herkommen kann. Es scheint uns, dass solche Bildungen nur den Anfang der Einfügung

bedeuten, da es uns nie möglich war, sie in der Metaphase zu beobachten.

Man könnte bei der kritischen Betrachtung der Translokationen auf Entfernung, durch die Brücken, natürlich sagen, dass wenn sie überhaupt möglich wären, sie zur Bildung von oft wiederholten, verzweigten Strukturen führen müssten. Dieses entspricht aber nicht den Tatsachen. Man kann natürlich auch einwenden, dass die obigen Translokationen winzig klein seien. Deswegen kann eine gewöhnliche cytologische Untersuchung nie das Vorhandensein dieser äusserst kleinen Teile beweisen. Selbst wenn diese Behauptung wertvoll ist, wie man gut verstehen kann, glauben wir, dass uns andere Beweise zur Seite stehen.

Erstens gibt es auf cytogenetischen Untersuchungen gut basierte Meinungen, die die Auffassung der verzweigten Strukturen zu annullieren scheinen. zum Beispiel haben Kossikov und Müller (1935) einige interessante und demonstrative Elemente geliefert, wodurch jene Auffassung hinfällig wird.

Es ist noch bemerkenswert, dass in unserm Material ausser den schon erwähnten Trabanten, keine klaren Fälle von seitlichen Translokationen gefunden wurden, wie schon gesagt wurde. Ausserdem zeigten sich diese Trabanten nur in der Prophase und in Individuen, die nach der Bestrahlung beobachtet wurden. So sind sie nach dem Diakenesestadium nicht mehr sichtbar; solche Strukturen konnten auch nicht wahrgenommen werden, wenn das Material einige Tage nach der Behandlung fixiert wurde.

Es scheint nicht, dass eine schlechte Fixierung des Materials oder eine übermässige Kontraktion während der Reduktionsteilung das Verschwinden solch seitlicher Bildungen rechtfertigt. Im Gegenteil, es scheint uns, dass die verästelten Strukturen auf die Einführung der kurzer Dauer sind. Sie haben die Neigung von späteren Rissen eliminiert oder in die Einheit des Chromosom-Empfängers eingefügt zu werden.

Das Auftreten von winzigen Translokationen — bezüglich des Austauschs kleinster Teile der Chromosomen oder des Austauschs kleinster und entfernter Teile der Chromosomen, — kann mit Hilfe von früher aufgestellten Voraussetzungen nicht gut verstanden werden. Zum Mindesten hätten jene kurzen Erklärungen zuerst den Eintritt eines Teiles des Geber-Chromosomes in einen Chromosomen-Empfänger berücksichtigen müssen und dann den Austritt, mittels eines identischen Mechanismus, eines Teiles des übertragenen Stückes; man müsste folglich

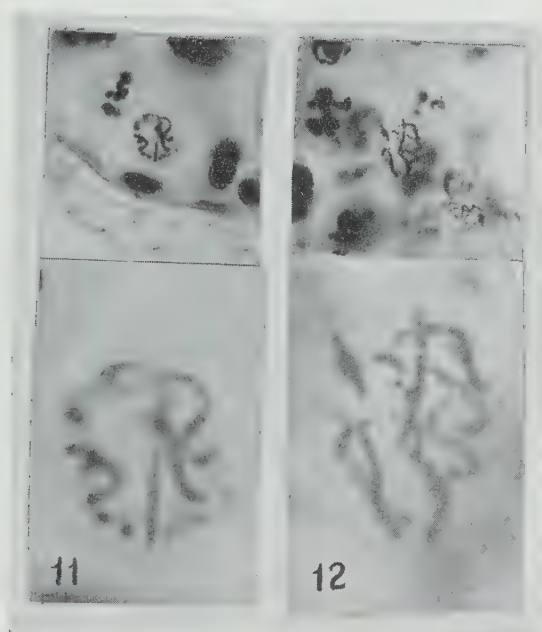
zwei Variationen hintereinander beobachten können, was wenig wahrscheinlich sein mag.

Wir sahen also, dass der Mechanismus der Herstellung der Brücken, unserer Ansicht zufolge, für diese eigenlümlichen Translokationen verantwortlich ist. Es gibt indessen einige Tatsachen, die die Reichweite dieser Voraussetzung zu entkräften scheinen. Man hat schon gegen den Wert dieser Brücken argumentiert, die Tatasache erwähnend, dass sie zur Bildung von verzweigten Chromosomen führen müssten; aber wir sahen, dass dieses Argument wenig wertvoll war, da wir nur verzweigte Strukturen in der Prophase beobachteten. Mehr noch, wenn sie einmal in andern Stadien nicht angetroffen werden und nur nach Ablauf von kurzer Zeit nach der Bestrahlung, muss man glauben, dass die verzweigten Strukturen von kurzer Dauer sind.

Eine andere Beweisführung, die man erwähnen könnte, ist die, dass dieses Phänomen der Brückenherstellung eine Ausnahme bedeutet. Wir könnten es wirklich nur in Material beobachten, welches Bestrahlungen unterworfen war. Es handelt sich sicher unter natürlichen Bedingungen, um eine seltene Erscheinung. Aber wir glauben nicht, dass man deswegen die Existenz solcher Verbindungen abstreiten kann. Die genetischen Resultate mit *Drosophila*, die man nach Bestrahlung erhielt, zeigen, dass die winzigen Translokationen selten sind. In dem Material, welches X-Strahlen ausgesetzt war, sieht man viel häufiger Verschiebungen von Stücken grösserer Ausdehnung.

Auch muss man das Glück haben die günstige Phase zu treffen, um jene Brücken zu beobachten, die, wie es uns schien, das Pachytänstadium ist. Aber nicht in allen den zahlreichen studierten Zellen im Pachytänstadium konnten solche Strukturen festgestellt werden. Wir müssen daraus schliessen, dass nur in gewissen Stadien des Pachytänstadiums solch eine Erscheinung auftritt. Es ist logisch zu glauben, dass um die Entstehung der Brücken zu ermöglichen eine Gleichzeitigkeit zwischen der Mission des genetischen Fadens und der Bildung des Empfangspunktes im Chromosom, welches als Empfänger dient, besteht. Wenn man diese doppelte Forderung in Betracht zieht, so kann man natürlich verstehen, dass jene Erscheinung nicht häufiger beobachtet wurde.

Entsteht ein Riss in der Einheit eines Chromosoms oder eines einfachen Chromatides, je nach den Fällen, so muss dieses Ereignis einer gewissen Unabhängigkeit der Elemente, welches das Chromosomenpaar bilden, entsprechen. Wir möchten sogar behaupten, dass der Riss in einem dieser Elemente in gewisser Hinsicht die Kraft hemmt,



welche die beiden homologen Chromosomen zusammenhält. Man kann also glauben, dass ein Chromosom oder ein Chromatide auf diese Weise abgeschnitten, nach aussen tritt, und in irgend einen Riss eindringt, der in einem Nachbarchromosom entstand (fig. 11 u.13). In unserm Material sieht man klar diese Brücken und man kann sogar den Eintritt in die Empfänger-Chromosomen wahrnehmen.

Das Schema der Fig. 11 stellt in gewisser Weise dar, was man im Pachytänstadium beobachten kann. Man sieht bei I ein Chromosom welches soeben einem Riss an einer Stelle erlitt, und aus welchem sofort ein zarter Chromosomfaden austritt. Nachdem dieser eine gewisse Strecke zurückgelegt hat, begegnet er einem Empfangspunkt eines andern Chromosoms und dringt in diesen ein (II). Dieses Empfangspunkt kann natürlich der Riss jenes Chromosoms sein, wodurch die Entstehung einer weiteren Brücke folgt.

Zuletzt bilden sich durch Verschmelzung solche Chromosome wie sie bei III jener Figur dargestellt sind.

Wir können aus der ausführlichen Bewertung der verschiedenen Fälle, die wir beobachteten, schliessen, dass diese mit der Voraussetzung übereinstimmen, welche wir soeben aufstellten.

Auf die gleiche Weise, wie diejenige, die wir bei den Translokationen beschrieben, fanden wir Fälle, in denen Fäden, welche aus einem Chromosom austraten, wieder in dasselbe, doch an einer anderen Stelle eindringen, was an eine Inversion auf sehr kleine Entfernung hin, erinnerte. Unser Schema der Fig. 13 erklärt die Inversionbildung dieses Types, wie wir sie beobachteten.

Wir glauben genug Elemente zu haben, um mit ihrer Hilfe folgende Schlussfolgerungen aufzustellen :

1—Die allgemein formulierten Voraussetzungen, die die Bildung von Translokationen erklären sollen, sind nicht für alle Fälle gültig. Für die Translokationen, welche sich auf eine winzige Gruppe von Genen beziehen, kann man sich des gewöhnlich beschriebenen Systems nicht bedienen.

2—Man glaubt, dass winzige Translokationen, die sich durch die Übertragung sehr beschränkter Teile verwirklichen, durch einen ganz andern Prozess entstehen müssen.

3—Dieser Prozess besteht in dem Austritt einer «Brücke» des

Geber-Chromosoms, welches genetische Substanz enthält, und welches in ein Empfänger-Chromosom eintritt.

4—Die Entstehung der «Brücken» ist nicht nur für die Translokationen, sondern auch für die winzigen Inversionen, verantwortlich.

5—Die verzweigten Strukturen, die vom Eintritt dieser «Brücken» herrühren, sind von kurzer Dauer und neigen entweder dazu in dem Empfänger-Chromosom aufzugehen, oder von diesem ausgestossen zu werden.

AGRADECIMENTO

O autor confessa-se muito grato ao Doutor Côrte Real, pela extrema amabilidade com que sempre o atendeu realizando todos os tratamentos de raios X necessários a este trabalho.

*Laboratório de Genética
do Instituto Superior de Agronomia
Janeiro de 1936*

BIBLIOGRAFIA

- BURKART, A.—1931—Investigaciones genéticas sobre una nueva mutación de "*Drosophila melanogaster*," determinante de excepciones hereditarias. Rev. de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad de Buenos Aires. *VII*: 393-492.
- CAMARA, A.—1935, a—Efeitos dos raios X nos cromosomas do *Triticum monococcum*. Anais do Inst. Sup. Agronomia *VII*, 1.º: 5-38.
- 1935, b—Contribuição ao estudo do nucléolo. Rev. Agronomica. 23 (3) 133-153.
- HUSKINS, C. L. and SMITH, S. G.—1935—Meiotic chromosome structure in *Trillium erectum*, L. Ann. of Botany *XLIX* : 119-150.
- KOSSIKOV, R. V. and MULLER, H. J. 1935—Invalidation of the genetic evidence for branched chromonemas. Jour. Hered. 26: 305-317.
- PATTERSON, J. T., STONE W., BEDICHE, S. and SUCHE, M. 1934—The production of translocations in *Drosophila*. Amer. Natural. *LXVIII*: 359-369.

Notas sôbre o Problema da Avaliação do Escoamento

POR

RUY MAYER

Professor de Hidráulica Geral e Agrícola
no Instituto Superior de Agronomia

SUMÁRIO

1. Escoamento. Coeficiente de escoamento. 2. Escoamento mensal. 3. Escoamento médio anual. Escoamento superficial e cortical. 4. Factores que influem no escoamento superficial. 5. Condições topográficas. 6. Condições geológicas. 7. Revestimento vegetal. 8. Extensão de lagos e zonas apauladas. 9. Quantidade e distribuição das precipitações pluviais. 10. Escoamento cortical. Factores que nêle influem. 11. Apreciação, em conjunto, dos factores que influem no escoamento. 12. Processos de determinação do escoamento médio anual. 13. Método da medição directa. 14. Outros métodos de determinação do escoamento médio anual. 15. Método da simples generalização. 16. Método comparativo directo. 17. Método da percentagem da altura pluviométrica. 18. Método empírico. 19. Método hidrofísico. 20. Estimativa do escoamento, no caso de não existirem dados pluviométricos nem resultados de medições do caudal dos cursos de água. 21. Escoamento máximo provável. 22. Factores que influem no escoamento máximo. 23. Determinação do escoamento máximo provável. Fórmulas.

1. Escoamento. Coeficiente de escoamento

Denomina-se *escoamento* a parte da precipitação pluvial que é fornecida a um ou mais cursos de água pela respectiva bacia hidrográfica. Num determinado período, a quantidade de água escoada é diferente da quantidade de água de chuva caída, e geralmente (embora não sempre) inferior a ela.

Procura-se relacionar uma com a outra recorrendo ao conceito de *coeficiente de escoamento*, que se define como a razão entre a quantidade de água de chuva caída numa bacia hidrográfica durante um

dados período, e a quantidade de água que corre, durante o mesmo período, no leito do curso, ou cursos, que a bacia alimenta. Êste assunto é de considerável importância para o engenheiro hidráulico, e é da maior conveniência discuti-lo atentamente, tanto mais que as intrincadas questões que se relacionam com a avaliação do escoamento não são em regra expostas com a clareza que seria para desejar, e envolvem pontos extremamente duvidosos.

2. Escoamento mensal

O primeiro dêsses pontos a discutir é o seguinte: Qual deverá ser a duração dos períodos a que se referem os valores do coeficiente de escoamento a determinar? Seria, sem dúvida, da maior utilidade obter valores correspondentes a períodos curtos, se êsses valores proporcionassem uma base segura de cálculo. Durante um período longo, como o ano, a variação do valor do coeficiente de escoamento é muito grande. Um exemplo, escolhido ao acaso, confirma o que acaba de ser dito. Na bacia hidrográfica da ribeira do Orne, em França, obtiveram-se, em 16 anos de observações, os seguintes valores médios:

TABELA I

Meses	Alturas pluviométricas mm.	Volumes de água pluvial $10^3 \times \text{m. c.}$	Volumes de água escoada $10^6 \times \text{m. c.}$	Coefficientes de escoamento
I.....	75	87.2	62.6	0.72
II.....	65	75.6	72.6	0.96
III.....	74	86.0	75.0	0.87
IV.....	69	80.2	44.1	0.55
V.....	76	88.4	32.1	0.36
VI.....	72	83.7	21.3	0.26
VII.....	76	88.4	16.2	0.14
VIII.....	66	76.7	8.0	0.11
IX.....	62	72.1	6.0	0.08
X.....	102	118.6	13.4	0.11
XI.....	92	107.0	58.1	0.54
XII.....	95	110.5	61.6	0.55

Coefficiente de escoamento médio anual = 0.44

P. LÉVY-SALVADOR /1/, que cita êste exemplo, nota que o valor do coeficiente de escoamento que corresponde ao ano considerado em conjunto é um número que pouco significa se se quiser definir a percentagem de água escoada durante um período mais curto, como o mês. Á primeira vista se reconhece que são muito elevados os desvíos dos coeficientes mensais em relação ao coeficiente médio, 0.44; o desvíio mínimo é de 18 % (Abril); o máximo é de 118 % (Fevereiro). O coeficiente de variabilidade da distribuição eleva-se a 70.3 %, o que indica claramente que o valor determinado para a média dificilmente poderá ser utilizado para caracterizar as sub-divisões do ano. LÉVY-SALVADOR vai até ao ponto de afirmar que «... seria um êrro grave aplicar ao ano um coeficiente obtido dividindo o caudal total anual pelo volume total de chuva recebido pela bacia durante o mesmo ano... Só são para considerar os coeficientes mensais».

R. B. BUCKLEY /12/, seguindo esta ordem de ideias, observa que «a mesma precipitação anual não produz o mesmo escoamento, e a razão dêste facto» (nas bacias hidrográficas da Índia, a que particularmente se refere) «é a distribuição da chuva não ser idêntica durante o Outono. Assim, se em dois anos com igual altura pluviométrica total durante a época da monção a precipitação ocorre, num dos anos principalmente em Junho e Julho, e no outro principalmente em Agosto e Setembro, o escoamento total será maior no segundo ano... Ou ainda, se, em dois anos nessas condições, a precipitação se distribue, num dêles por chuvadas ligeiras e regularmente distanciadas no decurso da estação húmida, e no outro por intensos aguaceiros, o escoamento será maior no segundo caso... Daí resulta que, para a avaliação do escoamento ter um certo rigor, é necessário que se baseie na análise das precipitações mensais, ou até das que ocorrem durante períodos mais curtos».

Sucedee, infelizmente, que é extremamente difícil, e provavelmente impossível em muitos casos, realizar o que as autoridades que acabam de ser citadas aconselham. O cálculo dos coeficientes de escoamento relativos aos diversos meses é muito pouco elucidativo, e conduz a resultados discordantes, a ponto de não se reconhecer a existência de relação directa entre precipitação pluvial e escoamento, quando referidos uma e outro a períodos de um mês. É vulgar, para o mesmo mês, a altura pluviométrica apresentar, de ano para ano, desvíos que vão de 5 % a 200 %, e com frequência a uma maior quantidade de chuva corresponde um escoamento menor. Por isso, e atendendo a que, como observa A. MEYER /22/, é extremamente im-

provável que o conjunto de circunstâncias que exerceram influência sobre o escoamento que se verificou num dado mês de determinado ano volte a produzir-se em mês correspondente de outro ano, desiste-se, em regra, de procurar a determinação dos coeficientes de escoamento mensais, e apenas se trata de avaliar o *escoamento médio anual* de uma bacia hidrográfica, e o seu *máximo escoamento anual* provável.

3. Escoamento médio anual. Escoamento superficial e cortical

Para o cálculo do escoamento médio anual, procura-se ordinariamente, recorrendo por vezes a métodos de muito duvidosa eficácia, determinar o coeficiente de escoamento relativo ao período de um ano, e considera-se frequentemente o valor obtido como uma constante, que não experimenta variações de ano para ano.

Os conceitos que acabam de ser indicados são muito discutíveis, e pode-se até afirmar que implicam sérios erros, e uma interpretação dos fenómenos do escoamento que está longe de se adaptar convenientemente à realidade.

O facto que, em primeiro lugar, é preciso pôr em evidência, é que para o escoamento não contribue somente a água que corre sobre o terreno durante a queda das chuvas, ou após ela, mas também a que se infiltrou nos estratos mais ou menos profundos do solo (1) e que estes vão gradualmente cedendo aos cursos de água.

Com efeito, uma quantidade de água pluvial, caída durante um determinado período sobre uma dada superfície de bacia hidrográfica, divide-se nas seguintes fracções:

1) A parte que *cai directamente* sobre os cursos de água da bacia;

2) A parte que é *interceptada* pelas folhas das árvores, arbustos e outra vegetação. Esta parte evapora-se na sua quasi totalidade

(1) Convém notar que se designa por *solo* o conjunto de camadas, ou *horizontes*, por cujos poros a água pode circular, e que assenta sobre uma camada impermeável, ou muito pouco permeável, em geral uma camada rochosa não desagregada.

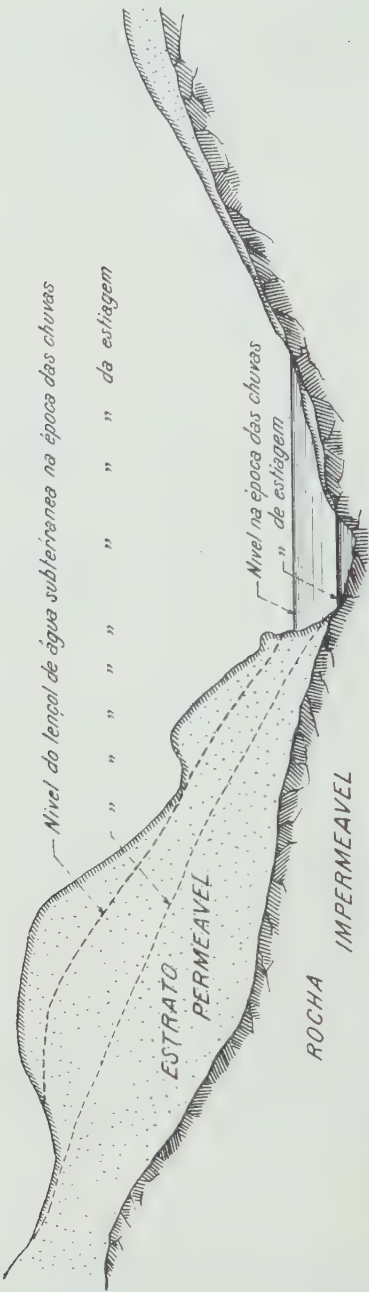


FIG. 1

antes de atingir o terreno, de modo que não exerce influência sobre o caudal dos cursos de água;

3) A parte que *escorre superficialmente*. A influência desta fracção é notável durante e após a queda das chuvas suficientemente abundantes e intensas; formam-se, nestas condições, sobre toda a superfície da bacia hidrográfica onde a chuva cai, numerosíssimos regatos que deslizam para os talvégues, podendo produzir-se cheias se as chuvas forem muito quantiosas e prolongadas;

4) A parte que *abastece o lençol de água subterrânea*. É a que exerce maior influência sobre o regime dos cursos de água não torrenciais, podendo até dizer-se que, se um curso de água é perene, é porque há na sua bacia uma abundante reserva de água contida nos estratos do terreno;

5) A parte que *se infiltra* para os horizontes situados a grande profundidade, ou penetra nas camadas rochosas sobre que o solo assenta. Esta parcela perde-se, em geral, completamente, podendo porém, em alguns casos, haver recuperação de uma certa quantidade desta água, conduzida, por intermédio de fontes, à superfície do terreno, ou recolhida nos estratos próximos dela e situados acima da infra-estrutura rochosa.

6) A parte que *se perde por evaporação*, ou pelas plantas, ou da superfície do terreno, ou dos estratos do solo, ou ainda das superfícies de água que existam na bacia, e que não leva por isso qualquer contribuição ao escoamento.

Não tomando em consideração as fracções 1), 2) e 5), cuja influência no escoamento é, na generalidade dos casos, de reduzida importância, pode-se pois dizer que a chuva que cai dentro do perímetro de uma bacia hidrográfica e contribue para o escoamento se decompõe em duas partes: uma que *escorre* à superfície do terreno; outra que é absorvida pelos estratos do solo. Ambas estas quantidades de água se podem encaminhar para o leito do curso que a bacia abastece, mas movem-se com velocidades muito diferentes, e atingem o referido leito em épocas que podem ser bastante afastadas. Por esta razão, os engenheiros Ingêleses e Americanos consideram o escoamento dividido em *surface flow* e *seepage flow*. O silvicultor Italiano DE HORATIIS [4] denomina estas parcelas *escoamento superficial* e *escoamento cortical*, designações que se adoptam para facilitar a exposição.

O que acaba de ser indicado constitue a explicação do facto de se obterem por vezes—sobretudo no caso de períodos de um mês, ou de uma estação do ano—valores do coeficiente de escoamento

superiores à unidade. Tal facto resulta de que, num dado período, à água da chuva que escorre à superfície do solo *durante esse período* se juntou água precipitada *durante um período anterior*, e que se deslocou lentamente através das camadas permeáveis ou esteve retida nestas e só foi libertada a partir de determinada ocasião: é o que nomeiadamente sucede (Fig. 1) quando o nível da superfície da água no curso desce abaixo da cota do plano superior do lençol de água nos estratos de terreno adjacentes, circunstância que com frequência ocorre nos rios portugueses, e donde resulta que à muito reduzida altura pluviométrica que durante essa época se regista corresponde um elevado valor do coeficiente de escoamento.

Os dados seguintes permitem formar-se uma ideia acêrca da importância que pode assumir, para o regime de um curso de água, a contribuição dos estratos de terreno marginais. J. I. CRAIG /5/ comparou os valores do caudal do Nilo, medido em Khartoum e Sarras, nos dias 3 a 9 de Abril de 1906, e achou que o caudal registado em Khartoum era superior em 47 metros cúbicos por segundo, em média, ao registado em Sarras, situada 1480 quilómetros a jusante. A perda de água por evaporação entre os dois pontos foi computada em 246 m. c. por segundo; por conseguinte o escoamento dos estratos porosos do solo para o rio elevou-se a 199 m. c. por segundo, ou 133 litros por segundo e por quilómetro. Sendo o caudal médio, no troço do Nilo considerado, de 845 m. c. s., verifica-se que a quota-parte dêste caudal fornecida pelo escoamento cortical foi, no referido período, de 23.5 %, aproximadamente.

PACORET /8/, um dos poucos autores Franceses que aludem ao fraccionamento do escoamento, refere-se a êle nos seguintes termos:

«Em algumas épocas do ano, as bacias recebem precipitações que não podem absorver, e que se traduzem por um escoamento superficial abundante dos respectivos emissários. Noutros períodos, os cursos das bacias são unicamente alimentados pelas reservas de água subterrânea que nelas se constituem... Quanto mais lentamente a bacia cede aos seus cursos a água pluvial que armazenou nos estratos do solo, tanto maior é o seu poder regulador. Assim, as bacias constituídas por formações impermeáveis lançam, logo após a queda das chuvas, as águas destas nos emissários, que engrossam rapidamente, para, terminadas as chuvas, secarem em pouco tempo os seus leitos; ao passo que, se os terrenos da bacia forem permeáveis, e as suas vertentes revestidas de vegetação, as águas são retardadas, absorvidas, e entregues gradualmente aos cursos de água, de modo que o

caudal dêstes só lentamente aumenta. Além disso, as nascentes restituem aos emissários, durante o intervalo entre as chuvas, água captada na ocasião em que elas caíram».

W. P. CREAGER /6/ observa que «... a capacidade do solo de uma bacia para absorver água de chuva e a entregar aos emissários, semanas ou meses mais tarde, sob a forma de escoamento cortical (*seepage*) é a influência predominante na distribuição do escoamento...» e cita o exemplo seguinte: O Spring Creek e o Bold Eagle Creek, na Pennsylvania, têm bacias hidrográficas contíguas, e de áreas aproximadamente iguais. O solo da bacia do Spring Creek é muito permeável, e constitui um excelente reservatório; o da bacia do Bold Eagle Creek tem, pelo contrário, más condições de armazenamento. Durante a época de estiagem (Setembro a Janeiro) notaram-se as variações do coeficiente de escoamento que constam da TABELA II:

TABELA II

Meses	Spring Creek		Bold Eagle Creek	
	Área da bacia 375 km. q.		Área da bacia 360 km. q.	
	Volumes de água pluvial em litros por km. q.	Coeficiente de escoamento	Volumes de água pluvial em litros por km. q.	Coeficiente de escoamento
IX.....	13.3	9.71	2.9	0.14
X.....	13.4	0.60	0.4	0.02
XI.....	14.0	1.18	0.1	0.09
XII.....	13.6	0.45	2.4	0.08
I.....	18.4	0.43	29.0	0.68

Nota-se que as condições do escoamento são melhores na bacia do Spring Creek, onde o coeficiente de escoamento se manteve constante em Dezembro e Janeiro, ao passo que na bacia de Bold Eagle Creek, onde caiu a mesma quantidade de chuva durante êsses dois meses, o coeficiente de escoamento variou de 0.08 para 0.68.

As considerações precedentes indicam que o conceito que define o escoamento como uma percentagem da chuva é fundamentalmente defeituoso. O Prof. D. W. MEAD /7/ apresenta com clareza a questão, notando que «... há uma certa relação entre chuva e es-

coamento, mas não se verifica que a quantidade de água escoada aumente proporcionalmente à quantidade de água precipitada (no mesmo período e na mesma bacia hidrográfica) a não ser talvez em certas épocas, como o princípio da Primavera, em que as condições são tais que as exigências da evaporação e da infiltração se reduzem a pouco, e quasi toda a água pluvial caída escorre à superfície do solo. Durante o resto do ano, o escoamento poderá variar ao mesmo tempo que varia a altura pluviométrica, mas em regra as taxas de variação são muito diferentes, e em muitos casos a chuva caída é inteiramente absorvida pelos estratos do terreno ou interceptada pela vegetação e não chega a ter influência no escoamento, que é exclusivamente fornecido pela água armazenada no solo, à custa de chuvas anteriores. Se assim succeder, é óbvio que o escoamento é completamente independente das últimas chuvas que tenham ocorrido».

É por este motivo que a tendência actual dos engenheiros Americanos é para considerar o escoamento, não como uma *percentagem*, mas como um *resíduo*, isto é, como a quantidade de água que fica disponível quando da precipitação pluvial se deduzem as perdas por evaporação (física e fisiológica) e por infiltração profunda. Este conceito é certamente mais lógico do que o do coeficiente de escoamento. Não elimina, porém, a dificuldade que resulta do facto de se terem de tomar em linha de conta, durante um período, quantidades de água escoada provenientes de precipitações ocorridas em períodos diferentes, como já se acentuou.

Desta circunstância, associada provavelmente a muitas outras, deriva também o facto de ser muito variável, de ano para ano, o valor do coeficiente de escoamento médio anual. A maioria dos engenheiros que se ocupam do estudo de bacias hidrográficas, uma vez atribuído um valor a este coeficiente, consideram-no aplicável a qualquer ano, isto é, admitem que é constante a percentagem de água pluvial que aflue aos cursos de água de uma bacia, sejam quais forem as circunstâncias meteorológicas que prevaleceram durante o ano de que se trata, e durante o ano, ou anos, anteriores a esse. Ora os factos demonstram, sempre que se procede a medições directas, que essa constância do valor do coeficiente de escoamento anual se não verifica, como exemplificam os dados relativos à bacia da albufeira de Cuyamaca, na Califórnia, citados por F. S. HYDE /21/ e que constam da TABELA III, e também os obtidos na bacia do Sorraia, que noutro lugar se mencionam.

É duvidoso se haverá um grau apreciável de correlação entre

valores do coeficiente de escoamento referentes a diversos anos e valores das alturas pluviométricas correspondentes a esses mesmos anos; mas é indiscutível que, se o escoamento fôr avaliado como uma percentagem da precipitação pluvial do ano a que diz respeito, essa percentagem é variável entre limites bastante afastados.

TABELA III

ALTURA PLUVIOMÉTRICA E COEFICIENTE DE ESCOAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA ALBUFEIRA DE CUYAMACA		
Anos	Altura pluviométrica mm.	Coeficiente de escoamento
1888.....	61	0.217
1889.....	134	0.179
1890.....	160	0.168
1891.....	165	0.202
1892.....	108	0.206
1893.....	105	0.168
1894.....	65	0.139
1895.....	148	0.333
1896... ..	67	0.074

4. Factores que influem no escoamento superficial

Para examinar em conjunto a questão das relações entre alturas pluviométricas e caudais dos cursos de água, convém procurar descriminar os factores, pelo menos os principais, que nessas relações intervêm, e investigar o que fôr possível acêrca da sua interdependência. Abordando a questão sob o seu aspecto de maior generalidade, afigura-se lógico admitir que os factores que actuam sobre o escoamento superficial são sobretudo as *características físicas de bacia hidrográfica* e o *quantitativo e modo como se operam as precipitações pluviais* (Fig. 2).

As características físicas da bacia hidrográfica que exercem mais marcada influência sobre o escoamento superficial são a *configuração topográfica do terreno*, as *condições geológicas do solo*, a *ex-*

FACTORES QUE INFLUEM NO ESCOAMENTO

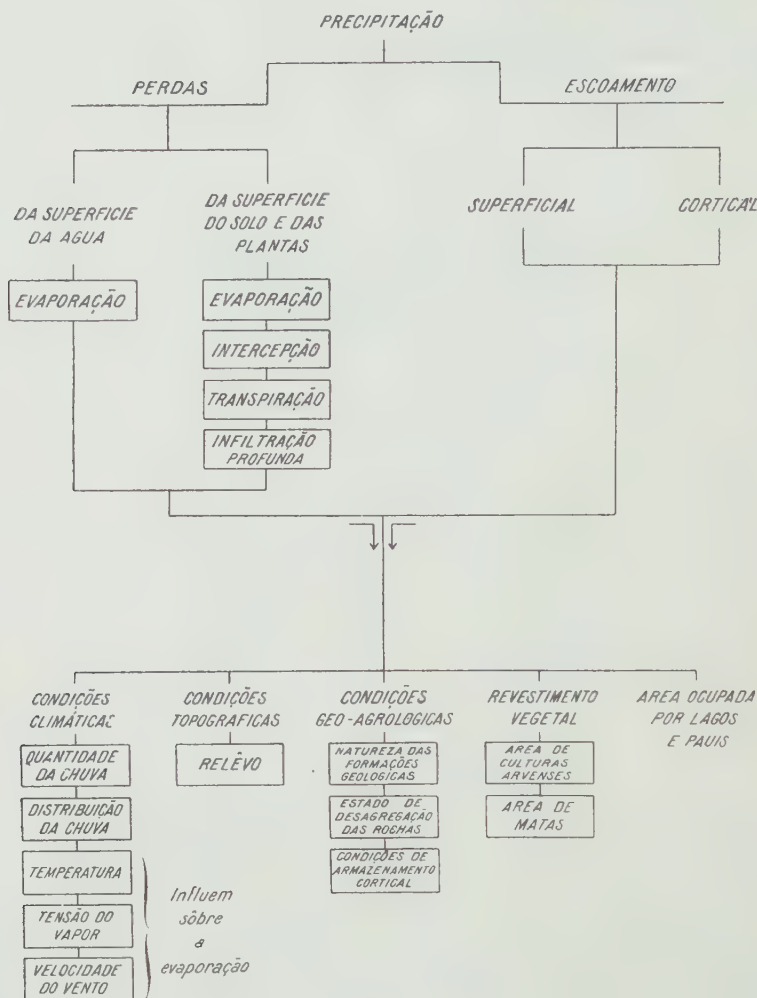


FIG. 2

tensão e carácter do revestimento vegetal e a área ocupada por lagos e zonas apauladas.

5. Condições topográficas

O *relêvo* de uma bacia hidrográfica parece influir de dois modos sobre o escoamento superficial que nela se efectua: indirecta-

mente, porque as condições climáticas estão, numa larga parte, relacionadas com esse relevo; e directamente, porque, se os declives forem rápidos, a maior velocidade com que a água corre à superfície do solo reduz a oportunidade para a evaporação e para a infiltração, e ocasiona aumento da quota-parte de água que se escoá sobre o terreno.

O diagrama da Fig. 3, devido a F. H. NEWELL [9], indica, de modo geral, como a influência directa das condições topográficas se

Altura pluviométrica anual média em m m.

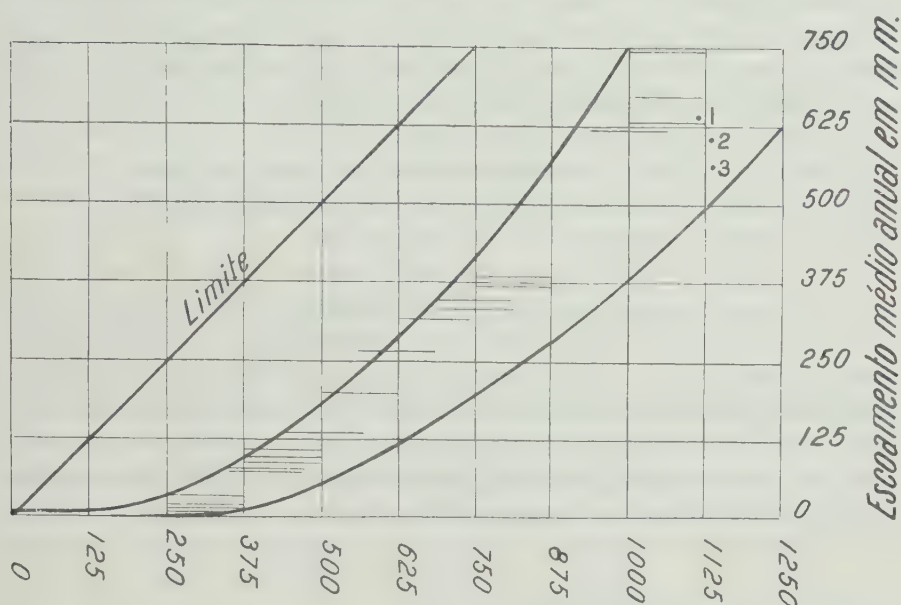


FIG. 3

faz sentir sobre o escoamento superficial. A linha oblíqua marca um limite, que corresponde ao caso em que toda a chuva que cai sobre uma superfície se escoá, como, praticamente, acontece no caso de um telhado de ponto bastante grande; a linha horizontal marca um outro limite, que corresponde ao caso de não haver escoamento algum. Entre estas rectas acham-se duas curvas hipotéticas, correspondendo a inferior às condições que se realizam numa bacia hidrográfica de vales largos e declives suaves (Bacia «A»), à superfície da qual, por consequência, o escoamento é reduzido, e a superior às condições que

habitualmente se verificam nas bacias situadas em zonas montanhosas (Bacia «B»), onde as quantidades de água escoada superficialmente são abundantes.

As duas curvas estão longe de representar com exactidão factos reais: apenas traduzem gráficamente relações muito gerais que se deduziram de séries de observações cujo rigor não pode ser grande. Servem simplesmente, portanto, para concretizar a ideia a expor.

Examinando o diagrama, vê-se que, sendo a altura pluviométrica anual de 1000 mm., por exemplo, um curso de água abastecido por uma bacia do tipo «A» recolherá 375 mm., ao passo que um curso alimentado por uma bacia do tipo «B» receberá 750 mm. Sendo menor a precipitação anual, mais se acentua a diferença entre o volume do escoamento superficial na bacia de declives suaves e na de declives rápidos: Para uma altura pluviométrica anual de 500 mm., o escoamento numa bacia do tipo «A» será de 75 mm., e uma bacia do tipo «B» de 175 mm.; para precipitações anuais de 250 a 375 mm., deixa de haver escoamento superficial nas bacias do primeiro tipo, e diminui até 50 a 100 mm. nas do segundo tipo.

As linhas horizontais que se observam no diagrama correspondem a determinações feitas em cursos de água do Oeste dos Estados Unidos (1) alimentados por bacias de reduzida área. Como as alturas pluviométricas não foram em tais casos medidas com exactidão, adoptou-se uma linha horizontal, em vez de um ponto, para demarcar a extensão provável da variação da altura pluviométrica anual (250 a 375 mm., por exemplo). As ordenadas destas linhas indicam o escoamento superficial médio anual da bacia.

6. Condições geológicas

As *condições geológicas*, ou antes, as *condições geo-agrológicas* têm uma influência notável no escoamento superficial, mas raras vezes será possível, sem proceder a medições directas dos caudais escoados, apreciar devidamente essa influência. As indicações facultadas pelas

(1) Os estudos de J. B. LIPPINCOTT e S. G. BENNETT /10/ mostram que, no caso de diversos rios da Califórnia, alimentados por bacias hidrográficas de pequena extensão, há uma notável concordância entre os resultados de medições directas e os que correspondem às curvas teóricas de NEWELL.

cartas geológicas, por mais minuciosas que sejam, não informam quanto ao estado de desagregação, isto é, quanto à proporção em que a rocha se encontra transformada em solo capaz de reter e conduzir água, o que constitui o facto mais importante no que respeita à incorporação da água da chuva no escoamento superficial ou no escoamento cortical, ou ainda, em certos casos, à sua perda para o escoamento.

Dizer-se que uma bacia hidrográfica é *granítica* pouco significa para o efeito da previsão do modo como nela se opera o escoamento; uma bacia em cuja superfície se encontrem extensos afloramentos de granito compacto é provavelmente muito impermeável e quasi todo o escoamento que nela se efectua será superficial; se, porém, o mesmo granito se achar desagregado até uma razoável profundidade, pode constituir um solo muito apto para armazenar água pluvial e capaz de dar passagem a um escoamento cortical quantioso. A indicação de que uma bacia é *calcárea* é, análogamente, deficiente: o calcáreo fendilhado é uma rocha em regra permeável, e, no entanto, um solo derivado desse mesmo calcáreo pode ser muito impermeável.

7. Revestimento vegetal

Tôda a espécie de *vegetação*, seja qual fôr o seu porte, além de interceptar chuva, retarda o movimento da água que se escoia superficialmente, embora esse efeito cesse ao fim de algum tempo, se as chuvas forem violentas e prolongadas. As culturas arvenses absorvem, durante a época de maior actividade vegetativa, uma quantidade considerável de água pluvial, o que reduz o escoamento superficial. As matas têm uma influência bem pronunciada sobre o escoamento, sobretudo sob o ponto de vista da sua regularização, como demonstram, entre outras, as interessantes investigações de A. ENGLER /11/, mas só no caso de nelas haver uma *manta* de certa espessura; quando o espaço entre as árvores se encontra nu, a acção da mata sobre o escoamento superficial atenua-se sensivelmente, como se verifica, por exemplo, nas bacias das torrentes da Serra da Louzã.

8. Extensão de lagos e zonas apauladas

O escoamento superficial proveniente de chuvas moderadas é retardado e regularizado, e, dentro de certos limites, reduzido pelos

lagos existentes na bacia, que provocam aumento de perdas de água por evaporação. Os *pauís* e *chaboucos* situados em terreno impermeável, e que por isso conservam a água durante todo o ano, não só agravam as perdas por evaporação física, como determinam uma intensa evaporação fisiológica através da vegetação aquática que nêles se desenvolve, influindo por isso apreciavelmente na quantidade de água que se encaminha para os leitos dos emissários.

9. Quantidade e distribuição das precipitações pluviais

É óbvio que, *em igualdade de todas as outras condições*, a uma maior precipitação pluvial corresponderá maior escoamento superficial; mas o que mais importa considerar, no que se refere às variações dêste, é a *maneira como as chuvas se distribuem*, como já se notou no § 2. Quanto mais curto é o espaço de tempo durante o qual uma chuva abundante cai, tanto maior é a quantidade de água que se escoia superficialmente; por ocasião das chuvas intensas, a água não tem, por assim dizer, tempo para penetrar no solo, e, além disso, a acção mecânica da chuva forte comprime por vezes o terreno, tornando-o, praticamente, impermeável. Por outro lado, se a queda das chuvas se prolongar, o teor de humidade no solo vai-se elevando gradualmente, até ser atingida a saturação; e, continuando a precipitação, o escoamento superficial aumenta de modo considerável. Nos climas tropicais êste fenómeno acentua-se com extraordinária intensidade. BUCKLEY /12/ exemplifica «... o enorme efeito produzido no escoamento pelo estado em que se encontra a bacia hidrográfica...» quanto à humidade contida no solo, com as observações seguintes, feitas na bacia que abastece a Albufeira de Nagpur, na Índia:

«A queda de 55 mm. de chuva em 80 minutos, em Junho, quando o terreno na bacia hidrográfica estava absolutamente sêco e tinha sido recozido pelo sol no período anterior, só fez subir o nível da água na albufeira de uma altura correspondente ao volume de água caído no próprio reservatório: da bacia não veio caudal algum. Durante todo o mês de Junho afluíu ao reservatório menos de 0.20 % da chuva caída na bacia. Em 16 de Setembro do mesmo ano, quando o terreno se encontrava profundamente saturado pela chuva que tinha caído durante 65 dos 89 dias anteriores, uma chuvada de 54 mm. caída em 80 minutos fez afluír à albufeira 98 % da água pluvial pre-

cipitada na bacia. O coeficiente de escoamento relativo ao mês de Setembro atingiu 0.72».

É elucidativa, ainda a este propósito, a TABELA IV, que contém um resumo das observações de BUCKLEY acerca das variações do valor do coeficiente de escoamento com o grau de saturação dos terrenos das bacias hidrográficas da Índia:

TABELA IV

Altura pluviométrica em 24 horas mm.	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO		
	Estado em que se encontrava o terreno na bacia antes da chuva		
	Sêco	Húmido	Encharcado
6.3	0.00	0.00	0.12
12.7	—	0.10	0.14
25.4	0.05	0.14	0.20
50.8	0.10	0.25	0.34
76.2	0.20	0.40	0.55
101.6 ou mais	0.50 a 0.40	0.50 a 0.60	0.70 a 0.80

De um modo geral, pode pois dizer-se que a quantidade de água que se escoa superficialmente varia na razão inversa da extensão do período *sêco* que antecede a precipitação de que ela deriva. KANTHACK /3/, que estudou com atenção este assunto, reconheceu, no caso de algumas bacias hidrográficas da África do Sul, que a influência do período de *seca* anterior a uma precipitação era sensível até um limite de 15 a 20 dias, para além do qual a referida influência se tornava incerta ou inapreciável. Por outras palavras, o solo, excedido esse limite, encontrava-se nas condições de *secura* correspondentes ao seu máximo poder de absorção.

Reconhece-se assim que o efeito de uma precipitação sobre o escoamento superficial, além de depender da sua intensidade, se relaciona intimamente com as características físicas dos solos da bacia, e portanto com a natureza desses solos. Um solo argiloso e um solo arenoso, por exemplo, comportam-se de modo muito diferente quando sobre eles cai a mesma quantidade de chuva em tempo igual. Nos períodos em que se reduzem consideravelmente as exigências da eva-

poração os solos adquirem, por êsse motivo, tôda a água capilar que podem conter, limitando-se conseqüentemente a sua capacidade para a água gravitacional. Mas essa redução é cêrca de 80 % maior num solo argiloso do que num solo arenoso, e daí resulta que o primeiro é saturado muito mais ràpidamente do que o segundo, e ocasiona um escoamento superficial abundante. É facto que a capacidade de contenção de humidade dos solos argilosos, tal como se determina no laboratório, atinge valores bastante elevados; mas, nas condições que se verificam no campo, estes solos difficilmente secam, a não ser nas camadas superficiais, e isso explica que a quantidade de água que êles estão em circunstâncias de fixar é em geral muito inferior à que podem reter os solos arenosos.

10. Escoamento cortical. Factores que nêle influem

Visto que, não tomando em linha de conta as perdas por evaporação e infiltração profunda, o escoamento superficial e o escoamento cortical se podem considerar complementares, é lógico esperar que por vezes os factores que actuam sôbre um influam, em sentido contrário, sôbre o outro.

Para que numa bacia haja escoamento cortical abundante, é necessário, por um lado, que o terreno dê fácil passagem à água; e, por outro, que as perdas subseqüentes sejam dímínutas. Estas perdas são, às vezes, as que origina a infiltração para estratos porosos situados a grande profundidade; na generalidade dos casos são as que a evaporação ocasiona. D. W. MEAD [7] cita um caso em que as perdas mencionadas em primeiro lugar atingem considerável importância, comparando os caudais de dois cursos de água do Wisconsin, o Rio Wisconsin e o Rio Rock. O primeiro tem o seu leito aberto em formações de grés muito permeáveis, mas os horizontes inferiores do solo não apresentam condições favoráveis para o escoamento cortical, e limitam-no em profundidade; o segundo corre num vale onde, até à profundidade de 100 metros, há areia e saibros aluviais, pelos quais a água se some, encontrando, em lugar não determinado, saída do perímetro da bacia respectiva. Os caudais médios mensais dos dois rios, em litros por segundo e por quilómetro quadrado de bacia hidrográfica, são os seguintes:

TABELA V

Rios	Meses											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wisconsin.....	—	—	16.9	29.4	20.6	43.4	16.2	11.3	13.8	10.7	8.7	16.5
Rock.....	6.5	5.7	2.5	17.6	11.9	11.4	6.9	4.4	4.6	4.2	4.3	4.7

O exemplo não representa condições que ocorram com frequência; em regra o escoamento cortical aumenta com a *espessura do estrato poroso* onde se efectua, até um limite bastante elevado.

Nas perdas por evaporação da água infiltrada na zona onde se opera o escoamento cortical tem influência predominante a *natureza do solo*. Ainda que os declives à superfície da bacia sejam acentuados, um terreno arenoso profundo não só permite uma infiltração quantiosa, como leva rapidamente a água para fora do alcance da acção capilar que a reconduza às camadas superiores. Um solo argiloso favorece, como se viu, o escoamento superficial, pela facilidade com que se satura; por outro lado, dificilmente se deixa atravessar pela água, e exerce sobre a que se infiltra uma acção enérgica de elevação capilar, trazendo novamente à superfície a humidade e determinando a sua perda por evaporação.

Os *pauis e chaboucos* contribuem para diminuir o escoamento cortical, do mesmo modo que reduzem o superficial. Apenas se exceptuam os charcos que se formam, durante a época das chuvas, em terrenos arenosos, cuja água pode ser, em grande parte, absorvida pelo solo.

Dentre as *condições geológicas*, a que exerce talvez maior influência sobre o escoamento cortical é a existência de assentadas de rochas impermeáveis situadas debaixo dos estratos porosos, com pendor para o lado do curso de água, e aflorando no leito dêste. Em geral o seu efeito faz-se sentir no aumento do escoamento cortical a uma certa distância para montante do local onde afloram. Uma disposição de estratos que tenha como consequência ser derivada uma parte importante do escoamento cortical para uma zona situada fora do perímetro da bacia (o caso do Rio Rock) é, evidentemente, muito desfavorável.

Se a precipitação pluvial fôr insuficiente para conservar o terreno permanentemente húmido, o que é o caso geral, o *modo como a chuva cai* e a sua *intensidade* são os factores que mais largamente influem sobre o escoamento cortical. As chuvas mais eficazes, sob êste ponto de vista, são as que ocorrem sob a forma de aguaceiros leves e freqüentes na Primavera e no Outono, quando as exigências da evaporação são relativamente moderadas. A chuva de Verão fica às vezes completamente retida nas camadas superiores do solo como água capilar ou perde-se por evaporação, sem que qualquer parcela se adicione ao escoamento cortical.

11. **Apreciação, em conjunto, dos factores que influem no escoamento**

Dada a multiplicidade dos factores que influem sobre o escoamento, quer superficial, quer cortical, e as relações que entre êles existem, torna-se extremamente difícil apreciar o modo como actuam, e a extensão em que actuam êsses factores.

KANTHACK /3/, no seu esboço de classificação das bacias hidrográficas da África do Sul, toma em consideração o *relêvo*, a *vegetação*, a *extensão e natureza das formações rochosas não desagregadas* e a *extensão e espessura dos estratos porosos*, e enumera os Tipos seguintes:

Tipo I. Bacias do Noroeste da Província do Cabo. Zonas áridas graníticas, planas, numa grande parte cobertas de solo arenoso de grão grosso.

Tipo II. Bacias da região do *Karoo*, nas Províncias do Cabo e Estado Livre de Orange. Zonas montanhosas ou de colinas, numa vasta parte impermeáveis, pouco revestidas de solo, que é delegado, e com freqüência assenta sobre tufo calcáreos. Vegetação pouco abundante, do tipo peculiar ao *Karoo*. Estratos de rocha não desagregada, de xisto e grés, cortados às vezes por intercalações de dolerite. Nestas bacias é muito diminuto o escoamento cortical.

Tipo III. Bacias da parte Leste do Cabo e Estado Livre, e do Leste do Natal. Terrenos semelhantes, geològicamente, aos anteriores, mas, em consequência de receberem chuva mais abundante e regular, melhor revestidos de vegetação (principalmente ervagens) e com solo de maior espessura. Solo de grão mais fino do que o das bacias do Tipo I.

Tipo IV. Bacias do *veld* superior do Transvaal, da parte não dolomítica, planas, com solos arenosos e absorventes, e completamente cobertos de erva. Poucas árvores.

Tipo V. Bacias do *veld* médio do Transvaal. Formações graníticas. Solos arenosos fundos. Revestimento denso de ervas, arbustos e árvores.

Tipo VI. Bacias dolomíticas do Transvaal e da Bechuanalândia.

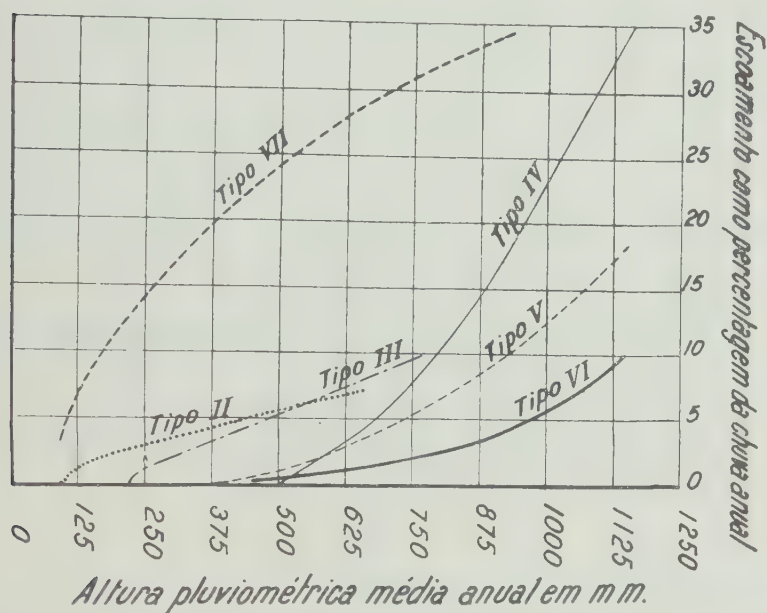


FIG. 4

Zonas planas, bem revestidas de erva. Solo arenoso pouco profundo. Formações rochosas muito fendilhadas.

Tipo VII. Bacias montanhosas da zona litoral do Sul e Leste da Província do Cabo. Regiões de grandes altitudes e escarpas abruptas. Vegetação muito densa.

Na Fig. 4 acham-se representadas as curvas que indicam a relação entre altura pluviométrica anual e escoamento médio anual nas bacias dos diversos tipos, curvas que revelam que a cada grupo de condições corresponde um regime diferente de escoamento. Não está

representada a curva correspondente às bacias do Tipo I, porque nestas o escoamento não chega a ter valor apreciável.

12. Processos de determinação do escoamento médio anual

Pode dizer-se, de um modo geral, que são três os casos em presença dos quais se pode encontrar o engenheiro ao estudar o problema da determinação do escoamento que se opera numa bacia hidrográfica :

1) Existem dados resultantes de medições directas do escoamento, relativos a um certo número de anos, e bem assim uma estatística pluviométrica abrangendo um período igual ou mais extenso. O problema é, neste caso, investigar até que ponto os números de que se dispõe podem servir para caracterizar um período mais longo do que aquele a que as observações se referem.

2) Não há quaisquer dados provenientes de medições directas do escoamento na bacia hidrográfica de que se trata, mas possuem-se elementos suficientes relativos à pluviometria.

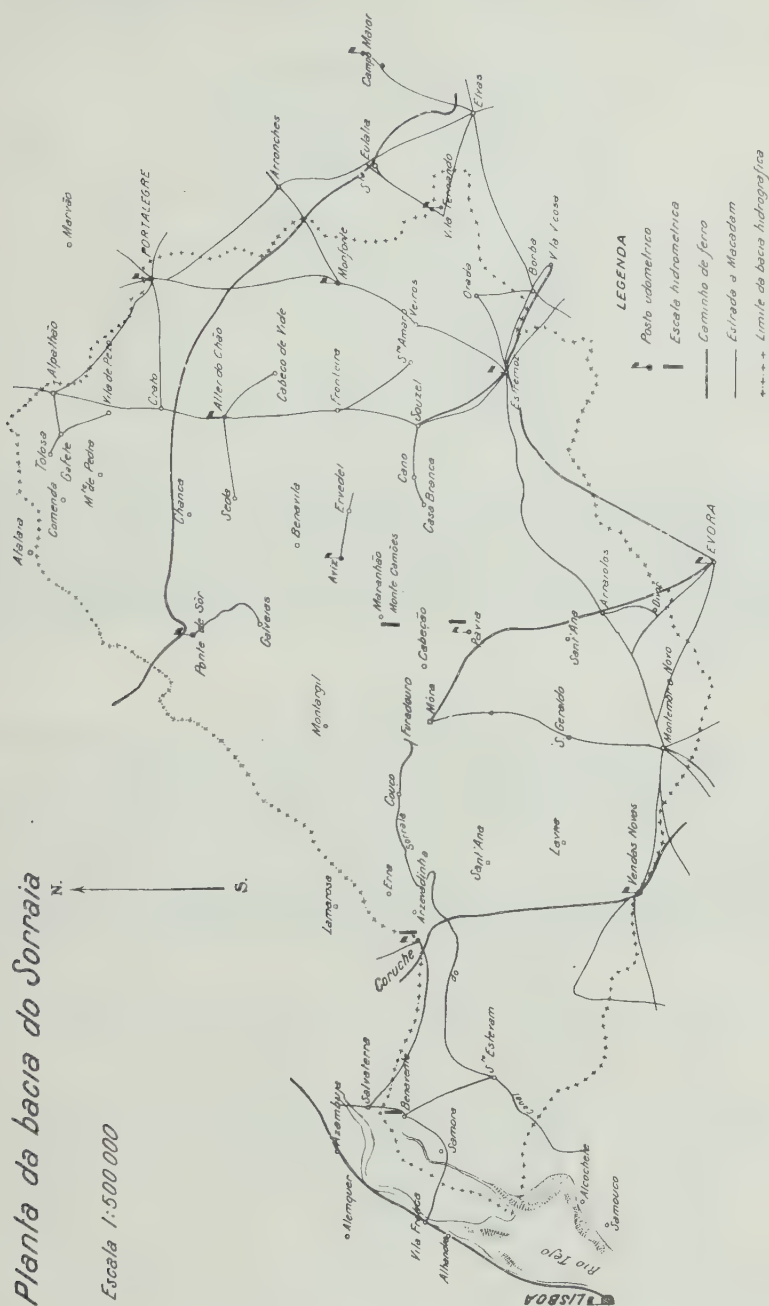
3) Não existem resultados de medições directas dos caudais escoados nem registos pluviométricos.

13. Método da medição directa

Para exemplificar êste processo, recorre-se aos resultados dos trabalhos efectuados durante os anos agrícolas de 1912-1913 a 1916-1917 na bacia do Sorraia, com o objectivo de reunir elementos para o estudo das obras de rega abrangidas pelo Projecto da Albufeira do Maranhão, na Ribeira de Sêda.

A-fim-de avaliar a quantidade de chuva caída na parte da bacia hidrográfica do Sorraia a montante de Coruche (Fig. 5) foram instalados postos pluviométricos nos seguintes locais: *Alter do Chão, Aviz, Estremoz, Monforte, Portalegre, Vila Fernando, Pavia, Ponte do Sôr e Santa Ana.*

SIR JOHN BENTON /13/ indica, como número mínimo de postos pluviométricos a estabelecer, para apreciar com razoável aproxi-



mação a quantidade de chuva caída numa bacia hidrográfica, o seguinte:

Área da bacia (km. q.)	Número de postos pluviométricos
Até 75.....	1
75 a 150.....	2
150 a 300.....	3
300 a 500.....	4
500 a 750.....	5
750 a 1000.....	6

A área da bacia do Sorraia, na parte considerada, é de 5800 km. q. Se se aceitar o critério de BENTON, o número de postos instalados (nove) é talvez um pouco baixo.

No segundo ano de trabalhos (1913-1914) as observações pluviométricas, a que se procedeu diariamente, conduziram aos resultados consignados na TABELA VI:

TABELA VI

ALTURA PLUVIOMÉTRICA EM MM, NO ANO AGRÍCOLA 1913-1914											
Meses	POSTOS										
	Alter	Aviz	Extremoz	Monforte	Portalegre	Vila Fernando	Pavia	Ponte do Sôr	St.ª Ana	TOTAL	MÉDIA
IX.....	37.4	69.8	30.0	0.0	83.7	59.0	57.3	94.2	108.4	536.2	67.0
X.....	95.7	82.5	83.0	114.9	206.1	106.2	141.3	212.6	137.3	1179.6	131.1
XI.....	19.2	24.8	72.0	64.6	61.4	39.0	67.5	47.7	95.8	492.0	54.7
XII.....	6.6	19.5	45.0	24.6	20.8	24.6	19.4	29.1	22.1	211.7	23.5
I.....	17.5	31.6	24.0	43.0	35.3	43.1	50.9	37.9	34.8	318.1	35.3
II.....	44.3	58.5	162.0	100.0	125.6	108.2	128.9	154.8	186.5	1068.8	118.8
III.....	20.8	42.2	89.0	35.8	22.7	40.1	26.9	37.0	16.4	330.9	36.8
IV.....	11.8	69.2	65.0	31.3	0.0	61.7	77.7	72.3	39.3	428.3	53.5
V.....	3.9	21.5	3.0	8.8	0.0	3.0	0.0	142.5	6.8	189.5	27.1
VI.....	10.8	13.0	7.0	18.6	0.0	0.0	12.2	27.7	15.6	104.9	14.9
VII.....	4.3	0.0	7.0	7.8	0.0	3.6	2.4	4.3	2.1	31.5	4.5
VIII. ...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.8	0.4

Nas diversas estações do ano, as alturas pluviométricas foram pois as seguintes:

Outono.....	252.8 mm.
Inverno.....	177.6 mm.
Primavera.....	117.4 mm.
Verão.....	19.8 mm.

A altura pluviométrica correspondente ao ano agrícola 1913-1914 foi por conseguinte de 567.6 mm.

As quantidades de água pluvial caídas na bacia hidrográfica durante cada um dos períodos considerados obtém-se multiplicando as alturas pluviométricas médias registadas pelos diversos postos durante o mesmo período pela área total da bacia (5800 km. q.) (1).

(1) Pode-se observar que, procedendo dêste modo, não se atribue o devido *pêso* às médias das alturas pluviométricas registadas nos vários postos. Convém, com efeito, dividir a bacia hidrográfica que se estuda em zonas, cada uma das quais corresponda a um pôsto, e à qual se apliquem as observações feitas neste. Sendo S a área total da bacia, $s_1, s_2, \dots s_n$ as áreas das zonas em que ela se divide, e $h_1, h_2, \dots h_n$ as alturas pluviométricas médias registadas nessas zonas parciais, a altura pluviométrica média h_m correspondente a toda a bacia será dada pela expressão

$$h_m = \frac{s_1 \cdot h_1 + s_2 \cdot h_2 + \dots + s_n \cdot h_n}{S} = \frac{\sum s \cdot h}{S}$$

A divisão em zonas deverá obedecer às características de ordem topográfica da bacia. Se essas características forem bastante uniformes, adopta-se geralmente o método de THEISSEN /14/, exemplificado na Fig. 6, para a delimitação das superfícies dominadas pelos postos: Dentro do perímetro da bacia instalaram-se postos pluviométricos nos pontos A, B, C, D e E; unem-se estes pontos por linhas rectas e levantam-se perpendiculares às bases dos triângulos assim formados, que dividam ao meio essas bases: ficam dêste modo demarcadas as superfícies (a), (b), (c), (d) e (e) adstritas a cada um dos postos.

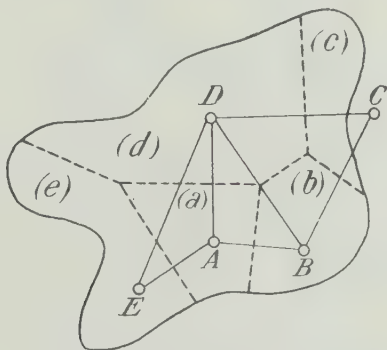


FIG. 6

Para exprimir essas quantidades de modo a torná-las facilmente comparáveis com os caudais que circulam no leito do curso de água durante os períodos correspondentes, deverão elas ser divididas pelo número de unidades de tempo contidas nos referidos períodos. Assim, para o caso de Setembro de 1913, obtem-se o valor

$$\frac{0.067 \times 5800 \times 10^6}{30 \times 24 \times 60 \times 60} = 149.9 \text{ m. c. por segundo,}$$

e pelo mesmo processo se determinam os outros valores que figuram na TABELA XI.

Para o cálculo dos caudais que circularam no Sorraia durante os diversos períodos do ano agrícola 1913-1914 partiu-se dos resultados das observações feitas numa escala hidrométrica instalada em frente de Coruche, que constam da TABELA VII.

A-fim-de determinar a lei da variação do caudal com a altura hidrométrica, procedeu-se a cinco medições de caudal no Sorraia, numa secção transversal em frente de Coruche, cujos resultados são adiante indicados, bem como as alturas hidrométricas correspondentes registadas na escala:

Altura hidrométrica H (m.)	Caudal Q (m. c. s.)
0.03	0.378
0.31	5.848
0.43	8.615
0.49	11.055
1.55	87.870

Reconheceu-se que a *curva característica* era bem representada pelas equações

$$Q = 30.3 (H + 0.024)^{3/2}$$

para valores de H inferiores a 0.48 m., e

$$Q = (39.35 + 6.5 H) (H - 0.08)^{3/2}$$

para valores de H superiores a 0.48 m. e inferiores a 2.40 m.

TABELA VII

ALTURAS HIDROMÉTRICAS, EM M., REGISTADAS NA ESCALA DE CORUCHE DURANTE O ANO AGRÍCOLA 1913-1914												
Dia	MESES											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	0.01	0.14	1.82	0.54	0.50	0.58	1.55	0.65	0.63	0.26	0.25	0.05
2	0.01	0.12	1.65	0.52	0.50	0.55	1.35	0.62	0.55	0.25	0.24	0.05
3	0.02	0.10	1.25	0.50	0.49	0.54	1.24	0.63	0.50	0.25	0.26	0.04
4	0.04	0.10	1.02	0.50	0.48	0.52	1.15	0.67	0.47	0.23	0.23	0.06
5	0.04	0.14	0.90	0.49	0.48	0.52	1.09	0.59	0.44	0.22	0.22	0.08
6	0.05	0.13	0.88	0.49	0.45	0.68	1.05	0.57	0.43	0.22	0.21	0.07
7	0.04	0.18	0.91	0.48	0.43	0.95	1.02	0.56	0.41	0.21	0.19	0.07
8	0.04	0.17	0.89	0.48	0.42	0.79	0.98	0.54	0.40	0.21	0.18	0.08
9	0.04	0.15	0.72	0.48	0.42	1.40	0.98	0.52	0.39	0.22	0.18	0.07
10	0.09	0.15	0.85	0.47	0.40	1.95	1.20	0.50	0.39	0.22	0.16	0.07
11	0.08	0.15	1.31	0.46	0.41	1.43	1.65	0.48	0.38	0.23	0.12	0.07
12	0.18	0.15	1.31	0.45	0.41	1.60	1.21	0.49	0.37	0.23	0.10	0.05
13	0.17	0.14	1.88	0.45	0.41	1.89	1.02	0.50	0.36	0.24	0.13	0.06
14	0.18	0.13	1.64	0.44	0.42	1.36	0.95	0.90	0.35	0.25	0.12	0.05
15	0.18	0.12	1.26	0.43	0.43	1.18	0.90	0.12	0.35	0.25	0.09	0.05
16	0.17	0.11	1.15	0.43	0.45	1.10	0.84	0.93	0.34	0.25	0.09	0.05
17	0.16	0.10	1.10	0.41	0.46	1.39	0.81	0.83	0.34	0.24	0.07	0.06
18	0.15	0.10	0.90	0.41	0.55	2.04	0.80	0.72	0.33	0.23	0.06	0.05
19	0.13	0.10	0.85	0.40	0.59	1.52	0.77	0.65	0.46	0.22	0.08	0.04
20	0.12	0.12	0.79	0.40	0.94	1.28	0.79	0.62	0.39	0.22	0.06	0.05
21	0.12	0.17	0.75	0.39	0.98	1.25	0.81	0.59	0.37	0.21	0.05	0.04
22	0.10	0.97	0.72	0.43	1.48	2.17	0.82	0.56	0.35	0.20	0.06	0.04
23	0.09	0.63	0.69	0.44	1.35	2.80	0.80	0.54	0.34	0.19	0.05	0.05
24	0.08	0.68	0.67	0.52	1.02	3.20	0.75	0.52	0.31	0.19	0.05	0.05
25	0.08	0.69	0.66	0.60	0.85	2.28	0.77	0.50	0.31	0.22	0.05	0.05
26	0.07	0.66	0.65	0.59	0.80	1.89	0.80	0.48	0.31	0.25	0.05	0.04
27	0.07	0.57	0.61	0.57	0.72	1.68	0.92	0.45	0.31	0.25	0.07	0.05
28	0.07	0.60	0.59	0.54	0.67	1.55	0.85	0.94	0.30	0.26	0.05	0.04
29	0.08	1.35	0.57	0.53	0.65	—	0.68	0.89	0.28	0.26	0.06	0.05
30	0.17	1.22	0.55	0.51	0.62	—	0.74	0.75	0.27	0.25	0.05	0.08
31	—	1.11	—	0.52	0.60	—	0.69	—	0.26	—	0.05	0.06

Sendo a altura hidrométrica superior a 2.40 m., não era possível avaliar o caudal com razoável rigor, mas, tomando como certa a determinação do caudal de cheia em 1902, de 1640 m. c. s., correspondente a uma altura hidrométrica de 3.55 m., obteve-se, por interpolação linear, uma terceira equação

$$Q = 194 + 1257 (H - 2.40).$$

Aplicando estas três equações, calcularam-se os caudais diários do Sorraia, sendo os resultados dêste cálculo indicados na TABELA VIII.

TABELA VIII

Dia	Meses											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	0.10	2.00	117.50	13.50	11.70	15.35	88.15	18.80	17.80	4.60	4.35	0.60
2	0.20	1.60	98.60	12.65	11.70	14.00	68.95	17.25	14.00	4.35	4.10	0.60
3	0.30	1.30	60.15	11.70	11.25	13.50	59.30	17.80	11.70	4.35	4.60	0.50
4	0.50	1.30	41.93	11.70	10.80	12.65	51.90	19.85	10.50	3.90	3.90	0.70
5	0.50	2.00	33.60	11.25	10.80	12.65	47.15	15.75	9.60	3.65	3.65	1.00
6	0.60	2.20	32.30	11.25	9.90	20.40	44.20	14.90	3.90	3.65	3.40	0.85
7	0.50	2.80	34.30	10.80	9.30	37.00	41.95	14.45	8.70	3.40	3.00	0.85
8	0.50	2.60	32.95	10.80	9.00	26.65	39.10	13.50	8.40	3.40	2.80	1.00
9	0.50	2.20	22.60	10.80	9.00	73.50	39.10	12.65	8.10	3.65	2.80	0.85
10	1.15	2.20	30.40	10.50	8.40	135.10	55.85	11.70	8.10	3.65	2.40	0.85
11	1.00	2.20	65.35	10.20	8.70	76.35	98.60	10.80	7.80	3.90	1.60	0.85
12	2.80	2.20	74.45	9.90	8.70	93.25	56.75	11.25	7.50	3.90	1.30	0.60
13	2.60	2.00	124.60	9.90	8.70	125.80	41.95	11.70	7.20	4.10	1.80	0.70
14	2.80	1.80	97.50	9.60	9.00	69.85	37.00	33.60	6.90	4.35	1.60	0.60
15	2.80	1.60	61.00	9.30	9.30	54.30	33.60	49.50	6.90	4.35	1.15	0.60
16	2.60	1.45	51.90	9.30	9.90	47.90	29.80	35.65	6.65	4.35	1.15	0.60
17	2.40	1.30	41.20	8.70	10.20	72.60	27.85	29.15	6.65	4.10	0.85	0.70
18	2.20	1.30	33.60	8.70	14.00	144.40	27.25	22.60	6.40	3.90	0.70	0.60
19	1.80	1.30	30.40	8.40	15.75	85.15	25.50	18.80	10.20	3.65	1.00	0.50
20	1.60	1.60	26.65	8.40	26.35	62.75	26.65	17.25	8.10	3.65	0.70	0.60
21	1.60	2.60	24.35	8.10	39.10	60.15	27.85	15.75	7.50	3.40	0.60	0.50
22	1.30	38.40	22.60	9.30	81.10	161.60	28.50	14.45	6.90	3.20	0.70	0.50
23	1.15	17.80	20.90	9.60	68.95	697.00	27.25	13.50	6.65	3.00	0.60	0.60
24	1.00	20.40	19.85	12.65	41.95	1200.00	24.35	12.65	5.85	3.00	0.60	0.60
25	1.00	20.90	19.35	16.20	30.40	174.70	25.50	11.70	5.85	3.65	0.60	0.60
26	0.85	19.35	18.80	15.75	27.25	125.80	27.25	10.80	5.85	4.35	0.60	0.50
27	0.85	14.90	16.35	14.90	22.60	101.80	34.95	9.90	5.85	4.35	0.85	0.60
28	0.85	16.20	15.75	13.50	19.85	88.15	30.40	36.35	5.60	4.60	0.60	0.50
29	1.00	68.95	14.90	13.05	18.80	—	26.05	32.95	5.05	4.60	0.70	0.60
30	2.60	57.60	14.00	12.20	17.25	—	23.75	24.35	4.80	4.35	0.60	1.00
31	—	48.70	—	12.65	16.20	—	20.90	—	4.60	—	0.60	0.70

Os valores que constam da tabela precedente permitem o cálculo dos caudais médios correspondentes a períodos de 10 dias:

TABELA IX

Meses	Caudal médio (m. c. s.)		
	1. ^a Década	2. ^a Década	3. ^a Década
IX.....	0.50	2.25	1.20
X.....	2.00	1.65	29.60
XI.....	50.45	60.65	18.70
XII.....	11.50	9.25	12.55
I.....	8.20	13.05	38.35
II.....	55.90	83.25	326.00
III.....	33.55	40.50	27.00
IV.....	15.65	24.05	18.25
V.....	10.60	7.45	5.85
VI.....	3.85	4.00	3.85
VII.....	5.50	1.20	0.65
VIII.....	0.80	0.65	0.60

À custa dos caudais médios correspondentes às décadas obtém-se os que correspondem aos diferentes meses, e, análogamente, se determinam os caudais médios para as diversas estações e para o ano considerado em conjunto:

TABELA X

Meses	Caudal médio (m. c. s.)	Estações	Caudal médio (m. c. s.)	Caudal médio (m. c. s.) referente ao ano 1913-1914
IX	1.30	} Outono	18.70	23.80
X	11.70			
XI	43.25			
XII	11.15	} Inverno	52.70	
I	19.20			
II	135.75			
III	39.90	} Primavera	22.40	
IV	19.30			
V	7.90			
VI	3.90	} Verão	2.10	
VII	1.75			
VIII	0.65			

Pode-se agora determinar a relação que existe entre o caudal que a chuva produziria, se não houvesse perdas, em cada mês, em cada estação, ou durante o ano inteiro, com o caudal que efectivamente circula no leito do curso de água no período correspondente (admitindo que os caudais cujos valores figuram na TABELA X se podem considerar constantes durante a época a que dizem respeito) e assim se obtém os coeficientes de escoamento para o ano e para as suas sub-divisões:

TABELA XI

Meses	Caudal que a chuva produziria se não houvesse perdas (m. c. s.)	Caudal efectivo escoado: (m. c. s.)	Coefficiente de escoamento
IX	149.9	1.30	0.009
X	283.8	11.70	0.041
XI	128.5	43.25	0.337
XII	50.9	11.15	0.219
I	76.4	19.20	0.251
II	284.8	135.75	0.477
III	79.7	59.90	0.500
IV	119.7	19.30	0.161
V	58.7	7.90	0.135
VI	33.6	3.90	0.116
VII	9.1	1.75	0.192
VIII	0.9	0.65	0.754
Estações			
Outono.....	186.3	18.70	0.100
Inverno.....	132.3	52.70	0.398
Primavera...	85.6	22.40	0.261
Verão	14.3	2.10	0.147
Ano 1913-1914	104.4	23.80	0.228

Considerando, não apenas o ano 1913-1914, mas os cinco anos agrícolas durante os quais se efectuaram observações, obtem-se os valores consignados na TABELA XII, que a Fig. 7 traduz gráficamente.

TABELA XII

CAUDAIS QUE A CHUVA PRODUZIRIA SE NÃO HOUVESSE PERDAS (1) EM M. C. S., CAUDAIS ESCOADOS (2) EM M. C. S.,
E COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (3)
CORRESPONDENTES AOS ANOS AGRÍCOLAS 1912-1913 A 1916-1917

Meses	1912-1913			1913-1914			1914-1915			1915-1916			1916-1917		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
IX.....	42.5	1.20	0.028	149.9	1.30	0.009	17.2	1.40	0.081	21.5	2.95	0.140	52.1	3.95	0.076
X.....	140.5	3.85	0.027	283.8	11.70	0.041	161.9	2.85	0.017	55.4	3.95	0.071	25.1	5.85	0.233
XI.....	31.5	3.45	0.110	128.5	43.25	0.337	103.6	11.65	0.112	217.1	7.30	0.035	245.9	17.40	0.070
XII.....	40.7	4.10	0.100	50.9	11.15	0.219	360.0	104.25	0.289	218.4	55.45	0.254	502.0	157.60	0.521
I.....	246.1	45.40	0.176	76.4	19.20	0.251	181.0	154.10	0.851	58.0	34.72	0.599	203.9	101.50	0.496
II.....	100.7	28.65	0.028	284.8	135.75	0.477	269.2	151.95	0.455	180.2	71.65	0.597	266.1	305.00	1.146
III.....	135.3	27.50	0.203	79.7	39.90	0.500	255.1	139.45	0.595	321.5	275.00	0.818	176.4	134.25	0.761
IV.....	43.0	26.65	0.620	119.7	19.30	0.161	42.7	50.15	1.174	27.7	51.10	1.125	114.4	51.80	0.278
V.....	65.0	6.55	0.104	58.7	7.90	0.135	104.8	31.30	0.999	88.8	18.90	0.915	125.2	25.85	0.210
VI.....	9.4	2.15	0.228	33.6	3.90	0.116	15.4	9.35	0.698	20.4	8.30	0.407	25.3	10.70	0.423
VII.....	0.6	—	—	9.1	1.75	0.192	1.9	3.75	1.902	21.4	6.10	0.285	0.0	5.25	—
VIII.....	5.9	0.00	0.000	0.9	0.65	0.734	0.9	1.50	1.752	3.0	2.05	0.676	2.8	2.90	1.052
Estações															
Outono.....	72.2	2.85	0.039	186.3	18.70	0.100	94.9	5.25	0.055	97.5	4.70	0.048	106.7	9.00	0.084
Inverno.....	150.0	25.50	0.194	132.3	52.70	0.598	269.8	132.25	0.490	151.2	55.55	0.554	256.8	185.95	0.716
Primavera.....	80.8	18.80	0.225	85.6	22.40	0.261	128.4	75.90	0.575	147.9	104.95	0.709	158.1	64.50	0.465
Verão.....	4.6	0.70	0.155	14.5	2.10	0.147	5.5	4.85	0.912	14.9	5.45	0.566	9.2	6.25	0.679
Anos.....	71.7	11.70	0.165	104.4	25.80	0.228	124.1	53.75	0.455	102.5	42.25	0.412	127.2	65.40	0.514

Confrontando os valores mensais do caudal que a chuva ocasionaria se não houvesse perdas, com os do caudal efectivo escoado, observa-se que é muito reduzida a associação entre as variações

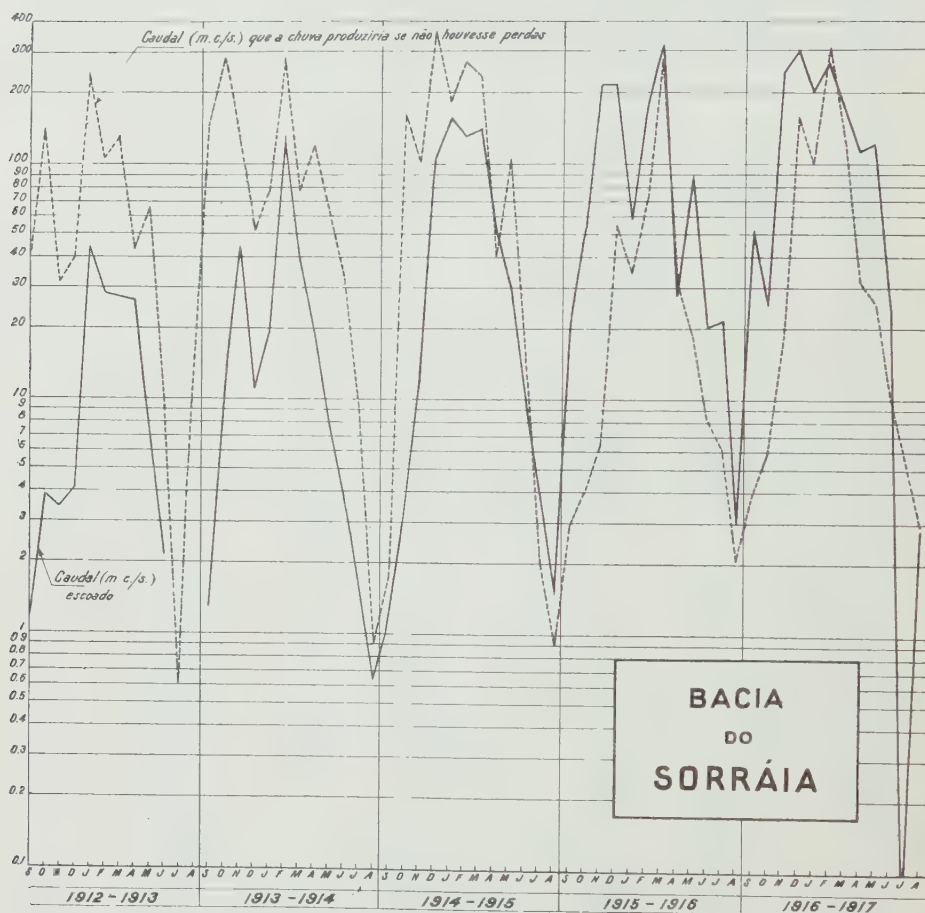


FIG. 7

duns e doutros. Êste facto traduz-se por uma grande variabilidade do coeficiente de escoamento, que tem, nos diversos meses, os seguintes valores médios:

TABELA XIII

Meses	Valor médio do coeficiente de escoamento	Erro médio	Erro médio em %
IX.....	0.066	0.024	36
X.....	0.078	0.038	49
XI.....	0.132	0.051	31
XII.....	0.276	0.064	23
I.....	0.474	0.131	28
II.....	0.500	0.161	32
III.....	0.575	0.112	19
IV.....	0.671	0.239	35
V.....	0.192	0.036	18
VI.....	0.374	0.101	27
VII.....	0.793	0.595	74
VIII.....	1.043	0.249	24

A análise das médias relativas às estações é um pouco mais elucidativa, certamente por se tratar de períodos bastante extensos para que haja uma certa compensação nas oscilações. Na TABELA XIV acham-se indicadas as alturas pluviométricas e os coeficientes de escoamento correspondentes às estações dos cinco anos considerados. Reconhe-se, examinando os números dessa tabela, que 1) os valores do coeficiente de escoamento relativos ao Outono são baixos; 2) os relativos ao Inverno e Primavera, e principalmente os respeitantes a esta última estação, são mais elevados; e 3) os que correspondem ao Verão são muito altos nos anos mais chuvosos. De um modo geral, o valor de coeficiente de escoamento apresenta-se tanto maior quanto mais elevado é o da altura pluviométrica correspondente à estação anterior, ou talvez antes às duas estações anteriores àquela a que o referido valor do coeficiente de escoamento diz respeito. Em alguns casos, pelo menos, parece ser confirmada esta relação pelo facto de valores muito diferentes do coeficiente de escoamento corresponderem a quedas pluviométricas praticamente iguais, como indicam os exemplos seguintes:

Estação	Altura pluviométrica durante a estação (mm.)	Coefficiente de escoamento	Altura pluviométrica durante a estação anterior (mm.)	Altura pluviométrica durante as duas estações anteriores (mm.)
Verão de 1914.....	19.6	0.146	117.4	295.0
Verão de 1916.....	20.4	0.368	201.9	404.8
Inverno de 1914-1915	177.6	0.396	252.8	259.1
Primavera de 1914...	176.1	0.575	362.2	491.0
Inverno de 1915-1916	202.9	0.358	132.1	139.4
Primavera de 1916...	201.9	0.713	202.9	355.0

Se se considerarem os valores do coeficiente de escoamento relativos a cada um dos cinco anos de observações, ainda se nota a influência da chuva caída durante épocas anteriores ao período a que corresponde um dado valor do coeficiente de escoamento.

TABELA XIV

ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS EM MM. (1) E COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (2)										
Estações	1912-1913		1913-1914		1914-1915		1915-1916		19.6-1917	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Outono.....	98.0	0.039	252.8	0.100	128.8	0.055	132.1	0.048	144.8	0.084
Inverno.....	174.5	0.194	177.6	0.396	362.2	0.490	202.9	0.358	344.7	0.715
Primavera	110.8	0.225	117.4	0.261	176.1	0.575	201.9	0.713	189.5	0.465
Verão.....	6.3	0.153	19.6	0.146	7.3	0.908	20.4	0.368	12.6	0.679
Ano.....	389.6	0.163	567.4	0.227	674.4	0.433	557.3	0.413	691.6	0.514

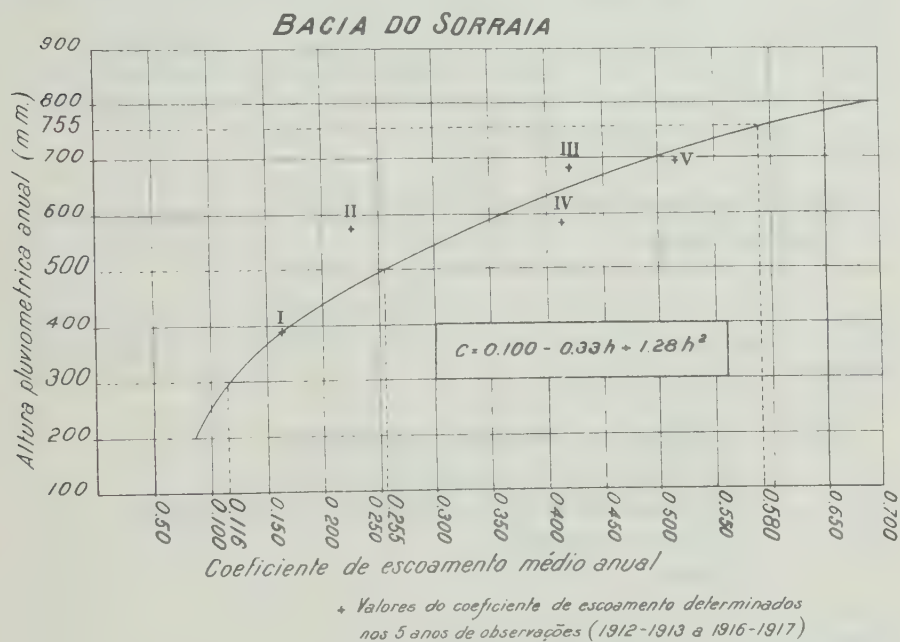
Assim, em 1913-1914 caíram 567.4 mm. de chuva na bacia, e o coeficiente de escoamento, correspondente a êsse ano, foi 0.227; em 1915-1916 a altura pluviométrica foi de 557.3 mm., e durante êsse período o coeficiente de escoamento atingiu o valor 0.413. Nos anos anteriores, as alturas pluviométricas foram, respectivamente, 389.6 mm. (1912-1913) e 674.4 mm. (1914-1915).

É manifesta, em todos os casos referidos, a importância que reveste o estado de saturação do terreno, que afecta o escoamento superficial e o escoamento cortical, na bacia do Sorraia, de uma maneira notável.

A título de simples hipótese, pode-se tentar exprimir a relação entre os valores do coeficiente de escoamento médio anual e os das alturas pluviométricas referentes aos mesmos anos, tomando como base os números que figuram na TABELA XIII. Essa relação seria traduzida pela curva da Fig. 8, e pela equação, determinada pelo método dos mínimos quadrados,

$$c = 0.100 - 0.33 h + 1.28 h^2,$$

em que c é o coeficiente de escoamento médio relativo a um ano, e h (m.) a altura pluviométrica total nesse ano. Evidentemente, o número de valores sobre que se operou para obter esta equação é muito reduzido para permitir um resultado de razoável segurança; só se atin-



Relação entre a altura pluviométrica anual e o coeficiente de escoamento

FIG. 8

gíria essa segurança trabalhando com um grupo de 30 ou 35 valores de médias pluviométricas anuais, e outros tantos valores do caudal médio anual do curso de água. Utilizando os poucos elementos de que se dispõe, admitindo, o que é muito duvidoso, que a curva da Fig. 8 traduz com suficiente aproximação as variações do valor do coeficiente de escoamento em função das alturas pluviométricas anuais, e admitindo mais que o valor médio da altura pluviométrica anual regula por 500 mm., obtem-se, para o coeficiente de escoamento correspondente, um valor próximo de 0.255. Se se adoptarem, de acôrdo com a terceira regra de BINNIE, os valores $0.60 \times 500 = 300$ mm., e $1.51 \times 500 = 755$ mm., para as alturas anuais de chuva mínima e máxima, poder-se-á prever uma variação do coeficiente de escoamento anual entre os limites 0.116 e 0.580, isto é, do simples para o quintuplo.

Assim, embora se tenha tomado o maior cuidado em não fazer generalizações que os dados numéricos de que se dispõe não justificariam, chega-se à conclusão de que o coeficiente de escoamento não pode ser considerado constante (como ficou dito no § 3); o seu valor varia de ano para ano segundo a altura pluviométrica do ano a que corresponde, segundo talvez também a altura pluviométrica do ano ou anos anteriores, e ainda, provavelmente, segundo o modo como influem outros factores.

14. Outros métodos de determinação do escoamento médio anual

Dando-se a segunda das hipóteses mencionadas no § 12, é mais ou menos justificável o recurso a métodos que R. E. HORTON /20/ classifica da forma seguinte:

- 1) Método da simples generalização;
- 2) Método comparativo directo;
- 3) Método da percentagem da altura pluviométrica;
- 4) Método empírico;
- 5) Método hidro-físico.

15. Método da simples generalização

Consiste este método na adopção dos resultados obtidos para um curso de água onde se procedeu a medições de caudal freqüen-

tes durante um período longo, admitindo-se que tais resultados podem ser aplicados sem alteração a qualquer curso de água situado na mesma zona. Cita-se este método apenas para dizer que tem de ser inteiramente rejeitado. O conhecimento que se tem actualmente de modo como as condições fisiográficas e agrícolas das diferentes bacias influem no escoamento é suficiente para mostrar que não é aceitável o processo de aplicar a um curso de água os resultados obtidos para outro sem ter sido feito o estudo comparativo das condições de escoamento nas respectivas bacias hidrográficas.

16. Método comparativo directo

O emprêgo deste método pressupõe a admissão da hipótese de que o escoamento por quilómetro quadrado medido numa parte de uma bacia hidrográfica se aplica directamente, *proporcionalmente*, a toda a bacia hidrográfica onde se pretende avaliar o escoamento, ou vice-versa.

É um método de aplicação fácil, e, em bastantes casos, é tão bom como qualquer outro, senão melhor. Um caso em que é certamente legítimo o seu emprêgo é o que se apresenta quando se procedeu a medições de caudal num local de um curso de água, e se pretende determinar o caudal do mesmo curso num outro local, não muito afastado do primeiro. Em tais condições, uma das bacias hidrográficas inclui a outra; as condições físicas são idênticas para as duas bacias numa parte considerável da bacia maior, embora essas condições possam ser diversas na superfície que não é comum às duas bacias. É todavia necessário proceder a correcções, para evitar erros graves: Por exemplo, supondo que se trata de um rio cujo caudal foi medido numa secção a seguir a uma zona montanhosa, correspondendo ao curso de água, até essa secção, uma bacia de captagem de 100 km. q., e que se pretende determinar o caudal do mesmo rio numa secção situada nas planícies da parte inferior do curso, onde a área da superfície de abastecimento é de 150 km. q.: se o escoamento na bacia superior fôr de 750 mm., é este o valor que o método comparativo directo considera aplicável a toda a superfície. Se, porém, em consequência de diferenças de altura pluviométrica, declive, revestimento vegetal, etc., o escoamento na superfície de 50 km. q. de área, não comum às duas bacias, fôr de 600 mm. apenas, o escoamento relativo à zona de 150 km. q. será de $\frac{2}{3} \times 750 + \frac{1}{3} \times 600 = 700$ mm.

17. Método da percentagem da altura pluviométrica

Utilizando êste método, determina-se primeiramente a relação entre altura pluviométrica e caudal escoado por meio de medições directas numa zona ou em algumas zonas da superfície a estudar, e admite-se que, para essa superfície considerada em conjunto, o regime pluviométrico e as condições físicas são idênticos aos da zona ou zonas onde se procedeu a medições directas, de modo que a percentagem determinada para as superfícies parciais pode ser generalizada para a superfície total.

Êste método e o precedente têm um defeito comum, que é o de suporem que as condições físicas nas superfícies que se comparam são as mesmas, o que só excepionalmente pode acontecer. Se o engenheiro que aplica êste método tivesse um conhecimento suficiente das condições físicas da superfície a que correspondem as medições e das da superfície que, somada a esta, perfaz a superfície, total o procedimento mais lógico consistiria em aplicar o método comparativo directo, corrigindo convenientemente o valor do escoamento para a superfície não comum. Em segundo lugar, o método da percentagem da altura pluviométrica tem o defeito intrínseco de considerar o escoamento numa relação constante com a altura pluviométrica, quando de facto êle é um *resíduo* dessa altura: é o que *fica* depois de deduzidas certas perdas. Ora algumas destas perdas são mais ou menos proporcionais à altura pluviométrica—é o caso da interceptação pela vegetação—e podem por isso ser expressas como percentagem dela; outras, porem, ou são independentes da quantidade de chuva caída, ou dependem no mesmo grau, ou até em maior grau, doutros factores.

18. Método empírico

Consiste êste método—ou, para melhor dizer, êste expediente—umas vezes em recorrer a uma fórmula que procura exprimir o escoamento em função de determinados factores; outras, em arbitrar simplesmente um valor para o coeficiente de escoamento, baseando-se a escolha dêsse valor, não em qualquer estudo prévio, mas apenas em idéas muito vagas, sem qualquer fundamento em observações.

Tratando primeiramente das fórmulas empíricas, convém notar que, se o escoamento tiver sido cuidadosamente estudado, durante

um longo período, numa bacia, ou num grupo de bacias hidrográficas em que as condições físicas e climáticas sejam muito uniformes, podem os dados obtidos ser susceptíveis de redução a uma ou várias expressões analíticas mais ou menos complicadas. Todavia—e é este o ponto de capital importância—as expressões analíticas determinadas apenas têm valor *enquanto se tratar das condições a que correspondem os elementos em que elas se baseiam*: não se justifica a sua generalização a casos em que tais condições sejam diversas, a não ser dentro de limites muito restritos, porque, como revela a simples enumeração dos factores que podem influir no escoamento, só por um extraordinário acaso haverá identidade de condições em duas bacias hidrográficas, ainda que estejam muito próximas uma da outra.

As fórmulas que pretendem exprimir o escoamento podem classificar-se em dois grupos: as que só tomam em consideração a altura pluviométrica anual, e as que atendem também a outros factores.

Serve de exemplo das primeiras a fórmula de KELLER /15/

$$E = 0.942 \, h - 430,$$

em que

E = escoamento médio anual (mm.),
 h = altura pluviométrica média anual (mm.).

Evidentemente, uma fórmula deste tipo só pode ter qualquer utilidade como auxiliar eventual para o método da percentagem da altura pluviométrica, a que fez anteriormente referência, e cujos defeitos já foram apontados.

No segundo grupo de fórmulas figura um grande número de expressões que procuram tomar em consideração factores diversos. Tais são as fórmulas de VERMEULE /16/

$$E = h (11 + 0.29 \, h) M,$$

em que

E = escoamento anual, em polegadas,
 h = altura pluviométrica anual, em polegadas,
 M = um coeficiente dependente da temperatura média anual,

e a fórmula de JUSTIN /17/

$$E = 0.934 \frac{h^2}{T} S^{1.55},$$

em que

E = escoamento anual, em polegadas,
 h = altura pluviométrica anual, em polegadas,
 T = temperatura média anual, em graus F.,
 S = diferença entre as cotas do ponto mais alto e do ponto mais baixo da bacia.

Vê-se que a fórmula de VERMEULE não toma em linha de conta o relevo da bacia hidrográfica, o que a de JUSTIN procura fazer. Ambas as expressões tentam atender à influência da evaporação, mas consideram-na unicamente dependente da temperatura, quando esta é apenas um dos factores que sobre ela actuam. Nem uma nem outra fórmula consideram a influência do revestimento vegetal da bacia sobre o escoamento, influência por vezes mais importante do que a do relevo.

Uma das fórmulas mais conhecidas na Europa é a de ISKOWSKI /18/, da forma

$$Q = 0.03171 c_m h S,$$

na qual

Q = caudal médio escoado num ano normal, em m. c./s.,
 h = altura pluviométrica média anual, em m.,
 S = área da bacia hidrográfica, em km. q.,
 c_m = coeficiente de escoamento médio anual,

variando o valor a atribuir a c_m conforme o relevo do terreno da bacia, e devendo ser escolhido entre os seguintes:

TABELA XV

1	Terrenos apaulados, depressões extensas.....	0.20
2	Planícies ou terrenos ligeiramente ondulados	0.25
3	Parte planície, parte colina	0.30
4	Colinas pouco declivosas	0.35
5	Parte montes de altura mediana, parte colinas } ou Colinas de vertentes bastante inclinadas }	0.40
6	Montes elevados, comparáveis às Ardennes.....	0.45
7	Montes elevados, comparáveis ao Harz	0.50
8	Montes elevados, comparáveis aos Vosgos	0.55
9	Montanhas, conforme a inclinação das vertentes	0.60
10		0.65
11		0.70

Nem as fórmulas citadas, nem qualquer das muitas outras que têm sido propostas, tomam em consideração o escoamento cortical, pelo menos de maneira explícita. GRAVELIUS /19/ sugeriu a expressão

$$E = E_c + \lambda (h - C),$$

em que

E = escoamento anual,

E_c = escoamento cortical,

h = altura pluviométrica anual,

C = uma constante,

λ = um coeficiente que depende do modo como a altura pluviométrica está relacionada com o escoamento,

mas esta expressão não reveste forma utilizável, e implica a necessidade de considerar constante o escoamento cortical, quando de facto é provável que êle varie muito de ano para ano.

O processo de fixar arbitrariamente um valor para o coeficiente de escoamento é, infelizmente, muito seguido entre nós. Percorrendo as páginas das memórias justificativas de projectos de obras cuja utilização proveitosa e por vezes até cuja razão de ser dependem do quantitativo do escoamento, e os relatórios que criticam êsses projectos, encontram-se com freqüência afirmações dêste teor:

«Quanto ao coeficiente de escoamento médio anual, não é no nosso país... que se poderá contar com um coeficiente tão alto como 0.60, embora em outros países a êle se tenha chegado... PACORET afirma que o de 0.33 poderá, em geral, aceitar-se como mínimo... À falta de mais seguras indicações parece... que será aceitável o até (*sic*) 0.40».

«... no nosso caso especial, em que se trata de uma pequena bacia hidrográfica, podemos admitir que... êsse coeficiente se aproxima muito da unidade no seu valor médio anual. Entretanto admitiremos o valor de 0.75...»

«Como se trata de uma bacia de natureza granítica, atribuiremos ao coeficiente de escoamento o valor 0.40».

Nota-se que a escolha do valor atribuído ao coeficiente de escoamento se baseia em vagas apreciações em que não intervém qualquer estudo sério, mas apenas um critério pessoal, não fundamentado, e que, naturalmente, varia de indivíduo para indivíduo. Não é só no nosso País, aliás, que se procede assim. R. E. HORTON /20/, num trabalho publicado nas *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, classifica o sistema a que se faz referência como «... a disgrace to the Profession». KANTHACK /3/, comentando os projectos que têm sido apresentados na África do Sul, diz: «O engenheiro, ao avaliar o escoamento, facilmente cai no expediente muito simples de determinar a quantidade média de chuva anual, e tomar uma percentagem arbitraria como representando a água escoada. Por qualquer motivo, tem particular predilecção pela percentagem de 0.50». Em Portugal, o número que tem mais adeptos é 0.30, talvez por ser o que os formulários Franceses mais vezes citam. A Comissão de 1884 /34/ manifestou preferência pelo número 0.25, mas poderia ter optado por números como 0.15 ou 0.60, por exemplo, com iguaes probabilidades de acertar.

19. Método hidrofísico

De todos os métodos que não sejam o da medição directa, o hidrofísico é o mais laborioso, mas também o mais capaz de condu-

zir a resultados aceitáveis. Foi proposto pelo PROF. A. F. MEYER, da Universidade de Minnesota, em 1912, e acha-se descrito minuciosamente nas *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, de 1915 [23].

MEYER preocupou-se muito particularmente com a determinação das perdas por evaporação, física e fisiológica. O estudo das variações das quantidades de água evaporadas do solo em várias bacias hidrográficas dos Estados de Minnesota e Wisconsin e outras regiões, nas diversas estações do ano, tendo em vista a sua associação com as

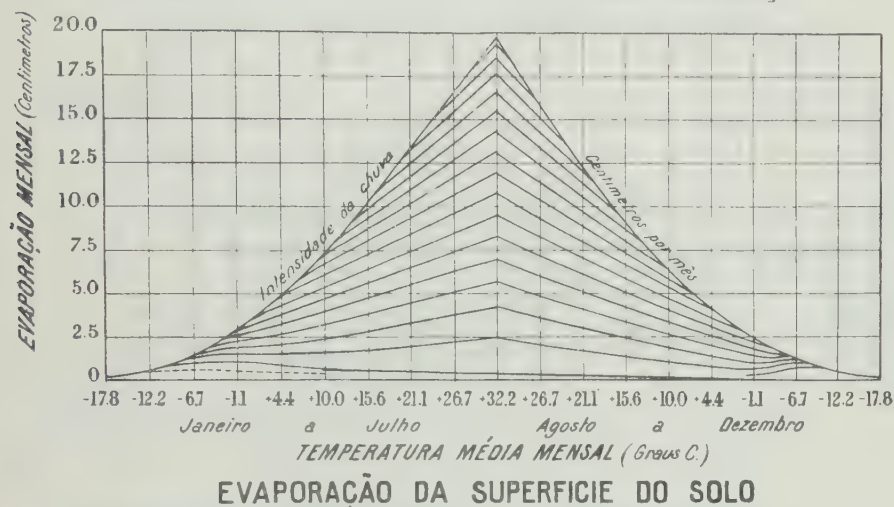


FIG. 9

variações da temperatura e da altura pluviométrica, conduziu-o a resultados traduzidos pela sua *Curva da Evaporação* (Fig. 9).

A Curva da Evaporação de MEYER baseia-se na consideração da marcha, ao longo do ano, dos fenómenos meteorológicos que mais influem na evaporação nas regiões onde o autor recolheu os seus dados. Estabelece-se distinção entre uma parte da evaporação que se mantém constante durante certos períodos, e outra que varia conforme variam as influências climáticas, predominando umas vezes a da temperatura, outras a da humidade disponível.

Os valores obtidos para a evaporação nos diversos períodos do ano (MEYER adopta ordinariamente períodos mensais) são multiplicados por um coeficiente a determinar, variável segundo o relevo, a extensão e carácter do revestimento vegetal, a natureza do solo da

bacia e as condições de humidade e vento que nela prevalecem. Assim, no caso de uma bacia muito plana, desprovida de cobertura vegetal, com um solo delgado pouco permeável assente sobre rocha, em condições de pouca humidade e grande velocidade de vento, adoptar-se-á um coeficiente muito elevado (superior a 1.25). No caso de uma bacia com declives acentuados, solo arenoso espesso, sendo a humidade elevada e a velocidade do vento reduzida, tomar-se-á um valor baixo para o coeficiente (menos de 0.95, e, como limite, 0.60). MEYER

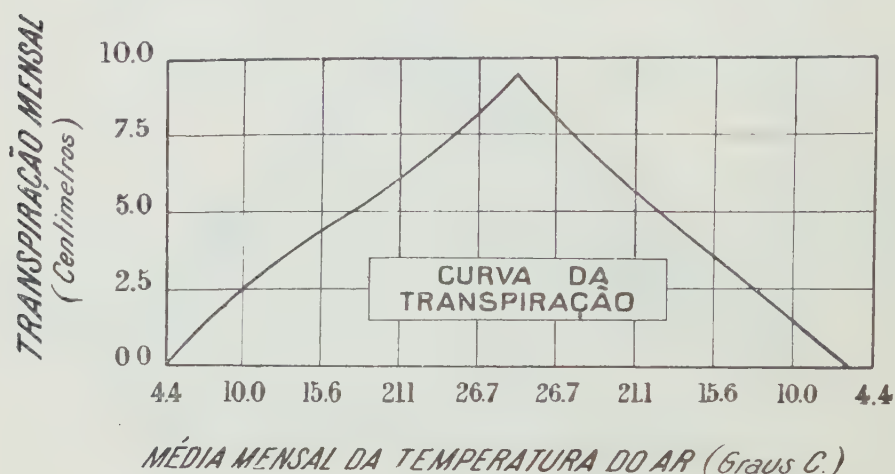


FIG. 10

afirma que «... com alguma prática, escolhem-se valores do coeficiente para bacias diferentes com notável exactidão».

Uma outra curva, a *Curva da Transpiração* (Fig. 10), permite a escolha de valores a atribuir nos diversos casos à evaporação fisiológica (convenientemente corrigidos por meio de um coeficiente para atender à humidade disponível em cada mês) dependentes da natureza da vegetação, duração do período de actividade vegetativa e número de horas de sol.

O método hidrofísico de MEYER, reduzido às suas linhas gerais, consiste no seguinte:

I. Obtenção de dados físicos.

- A. Dados relativos à chuva e temperatura, registados em postos situados na bacia ou perto dela, que conduzam à determinação da altura pluviométrica e temperatura mensais médias.
- B. Dados relativos à velocidade do vento, humidade relativa e outras características meteorológicas notáveis.
- C. Dados relativos à topografia, revestimento vegetal, e natureza do solo, que tenham influência sobre a evaporação.
- D. Dados relativos à natureza e densidade da vegetação e duração do período activo relacionados com a temperatura e insolação.
- E. Dados relativos à área de superfícies livres de água, paúis, etc.

II. Determinação das perdas.

A. Evaporação da superfície da água.

- 1. Evaporação mensal correspondente às diversas temperaturas e estações do ano (que pode ser obtida por meio dos dados do evaporómetro de PICHÉ) multiplicada pela percentagem da área de superfícies livres de água existentes na bacia (Dados I-E) e corrigida por meio de um coeficiente (escolhido de acôrdo com os dados I-B).

B. Evaporação da superfície do solo.

- 1. Determinação do coeficiente aplicável à bacia baseada principalmente nos dados I-C e I-B.
- 2. Determinação da altura de água evaporada por mês, correspondente à temperatura e altura pluviométrica médias mensais, obtida por meio da Curva da Evaporação e multiplicação da referida altura de água evaporada pela percentagem da área da superfície do terreno e pelo coeficiente determinado em II-B-1.

C. Transpiração.

- 1. Determinação de transpiração normal correspondente à estação, baseada nos dados físicos I-D.
- 2. Determinação do coeficiente de transpiração, ou seja a razão entre a transpiração (determinada pela Curva respectiva) correspondente à estação e às temperaturas médias mensais e a transpiração normal de estação obtida por meio dos dados II-C-1.
- 3. Determinação da transpiração mensal, aplicando-se o coeficiente de transpiração aos valores mensais obtidos da Curva da Transpiração em correspondência com dadas temperaturas

mensais, e correcção dêsses valores tendo em vista a precipitação pluvial, a infiltração e o armazenamento.

III. Determinação da perda total, pela soma das perdas mensais das superfícies de água e de terreno; dedução destas perdas mensais das precipitações mensais, que dará o quantitativo anual da água escoada na bacia hidrográfica de que se trata, corrigindo-se ou não este total anual, conforme as condições de armazenamento cortical.

O Prof. MEYER obteve, com a aplicação do seu método em 15 bacias hidrográficas, resultados que se aproximam muito dos provenientes do método da medição directa, como indica a TABELA XVI:

TABELA XVI

DADOS FÍSICOS OBSERVADOS E CALCULADOS MÉDIA ANUAL											
Cursos de água da bacia	Número de anos de observações	Coefficiente de evaporação	Área da bacia (km. q.)	Altura pluviométrica (mm.)	Temperatura Graus C.	Evaporação (mm.)	Transpiração (mm.)	Perda total (mm.)	Precipitação menos perdas (mm.)	Escoamento calculado (mm.)	Escoamento médio (mm.)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Mississippi	17	1.20	50,500	693.4	5.0	365.8	195.6	561.4	132.0	152.78	134.87
Little Fork	5		4,470	607.1	2.8	284.5	175.3	459.8	147.3	147.50	
Minnesota	5	1.25	16,380	576.6	6.1	358.1	190.5	548.6	28.0	28.00	130.30
Root.	6	1.225	4,050	797.6	7.2	419.1	226.1	645.2	152.4	19.5 ¹	17.80
Ottertail.	6	1.10	3,400	584.2	4.4	342.9	167.6	510.5	73.7	154.94	
Sainte Croix..	11	1.05	15,400	762.0	5.0	332.7	177.8	510.5	251.5	131.06 ¹	132.08
Ohio.	14	0.875	61,930	1043.9	10.6	375.9	147.3	523.2	520.7	67.56 ²	65.79
Tohickon.	24	0.90	265	1242.1	10.6	424.2	177.8	602.0	640.1	251.50	243.84
James.	7	0.925	16,200	1069.3	12.2	414.0	177.8	591.8	477.5	520.70	558.80
Roanoke.	9	0.90	1,015	1082.0	13.9	429.3	177.8	607.1	474.9	640.10	662.94
Tombidgee ...	9	1.05	11,550	1249.7	16.7	579.1	213.4	792.5	457.2	480.06	457.20
Colorado.	10	1.20	96,200	683.8	18.9	449.6	205.7	655.3	28.0	472.44	449.58
Sacramento ...	9	0.85	27,000	817.9	11.1	215.9	61.0	276.9	541.0	457.20	434.34
Pitt.	6	1.10	7,670	375.9	8.9	175.3	76.2	251.5	124.4	26.92	18.80
McCloud.	6	0.60	1,460	1572.2	12.8	208.3	61.0	269.3	98.3 ¹	541.10	518.16
									98.30 ¹	124.40	
									1302.9	98.30 ¹	99.57
									1302.90	1302.90	1371.60

¹ 4 anos de observações

² 5 anos de observações

Discutindo o método hidrofísico de MEYER, o engenheiro R. E. HORTON /20/ reconhece-lhe as seguintes vantagens:

a) O método hidrofísico considera o escoamento não como a *relação*, mas como a *diferença* entre abastecimento de água e perdas de água, o que é perfeitamente lógico;

b) Toma em linha de conta um maior número de factores que influem sobre o escoamento do que qualquer outro processo;

c) Utiliza todos os dados disponíveis;

d) Embora obrigue a recorrer a coeficientes arbitrários, estes coeficientes não influem sobre todo o cálculo; apenas dizem respeito à parte dos factores cuja intervenção se considera, sendo o efeito dos restantes factores estudado por meio de observações.

20. Estimativa do escoamento, no caso de não existirem dados pluviométricos nem resultados de medições do caudal dos cursos de água

Dando-se a terceira das hipóteses mencionadas no § 15, a determinação do caudal escoado numa bacia hidrográfica não pode ser feita com grau de aproximação aceitável. Apenas se conseguirá obter uma *indicação* se houver bacias em condições muito semelhantes às que prevalecem na bacia de que se trata, e se nessas bacias tiver sido estudado o escoamento com bastante rigor.

Os resultados destas estimativas são sempre porém muito duvidosos, e não se justifica o recurso a eles senão no caso de ante-projectos.

21. Escoamento máximo provável

O engenheiro que projecta uma obra hidráulica, do mesmo modo que o que se ocupa do estudo de estradas ou caminhos de ferro, tem de se ocupar atentamente do problema que consiste em dar passagem às águas das cheias, de modo a garantir a segurança das obras, dos terrenos cultivados, etc. No caso de açudes e diques de albufeiras este problema tem considerável interêsse, e, quando se trate de diques de terra, pode-se afirmar que constitue o ponto de importância decisiva.

É extremamente difícil prever os máximos caudais com que

haverá a contar numa determinada bacia hidrográfica, ainda que se disponha de dados estatísticos que alcancem um período bastante extenso. Uma comissão de engenheiros Americanos, depois de ter estudado cuidadosamente as estatísticas relativas ao Rio Sacramento, na Califórnia, que abrangiam 40 anos de observações, concluiu que a maior cheia que se poderia esperar seria de cerca de 2250 m. c. por segundo: alguns anos depois houve uma cheia de 5600 m. c. por segundo. Num afluente do Sacramento, o Cache Creek, ocorreu um facto análogo; os registos de observações indicavam uma cheia máxima de 560 m. c. por segundo, mas, guiando-se por certos indícios, um dos engenheiros encarregados do estudo de uma obra a construir aventou a hipótese de ser possível, embora muito pouco provável, uma cheia de 1700 m. c. s. Esta ideia foi a princípio considerada absurda, mas acabou por ser aceite, e o descarregador de superfície foi proporcionado para dar passagem a êsse caudal. Mal tinha terminado a construção das obras, sobreveio uma cheia de 1800 m. c. s. Muitos outros exemplos poderiam ser citados, mas os que se mencionaram têm o interesse de dizer respeito a casos ocorridos numa região que tem com o continente português notáveis semelhanças sob o ponto de vista climático.

22. Factores que influem no escoamento máximo

E. C. MURPHY /24/, referindo-se a condições prevalecentes em bacias hidrográficas americanas, expõe com muita clareza as principais circunstâncias que affectam o escoamento máximo. Segundo êle, o caudal de cheia numa bacia depende, fundamentalmente, dos seguintes factores:

1) *Extensão, duração e intensidade da precipitação pluvial*, sendo predominante a influência da intensidade da chuva no caso de bacias hidrográficas de área reduzida;

2) *Direcção do movimento do temporal que origina a cheia*. Se êle se deslocar seguindo a direcção em que o curso de água corre, será maior o escoamento, do que no caso de caminhar normalmente ou obliquamente à direcção do curso de água;

3) *Quantidade de neve no solo, e temperatura durante o temporal*. Nos rios do Norte, as grandes cheias são devidas quasi exclusivamente à fusão rápida da neve. Se o solo estiver gelado, o escoamento

pode atingir enormes proporções, porque deixa, praticamente, de haver infiltração;

4) *Condições de armazenamento na bacia hidrográfica.* Há bacias onde o armazenamento cortical pode absorver cerca de 200 mm. de chuva. Se as condições de armazenamento forem boas, aumentará a duração do período de cheias, e reduzir-se-á a intensidade destas.

5) *Área da bacia hidrográfica.* A maior parte das grandes chuvas interessam superfícies relativamente pequenas, de modo que é mais provável que um grande temporal abranja uma parte considerável de uma bacia pequena do que de uma bacia de grande extensão. A máxima vazão por quilómetro quadrado será portanto, em regra, tanto maior quanto mais reduzida for a área da bacia;

6) *Fisiografia da bacia hidrográfica.* A vazão máxima, numa bacia relativamente comprida e estreita, com afluentes cuja ligação ao curso principal se faça em pontos distantes uns dos outros, será menor do que numa bacia de área igual mas de forma aproximadamente circular, com afluentes que desagüem no curso principal em locais pouco afastados. Vertentes ásperas, impermeáveis, não revestidas de vegetação, e declive acentuado do leito do curso de água provocam um escoamento rápido das águas na ocasião das cheias; leitos estreitos, profundos, sinuosos, de declive suave, originam um movimento lento da água, grandes variações da altura desta e transbordamento frequente dos leitos.

G. CHAMIER /25/ estabeleceu o seguinte princípio, que, de um modo geral, traduz convenientemente os factos observados: «O escoamento máximo é em regra produzido pela máxima queda de chuva de duração correspondente ao tempo necessário para que a água pluvial caída no ponto da bacia mais afastado da secção onde o escoamento é medido atinja esta secção». G. B. WILLIAMS /26/ referindo-se a este princípio, observa que para determinar o escoamento máximo é necessário conhecer 1) o tempo durante o qual a água que se escoar se concentra na bacia; 2) a máxima altura pluviométrica possível durante o mencionado período de concentração; 3) a percentagem de chuva com que há a contar.

Os engenheiros Italianos tem estudado com desenvolvimento a questão da determinação do escoamento máximo, baseiando-se nas concepções teóricas de TURAZZA, FANTOLI, PUPPINI, e outros. Uma Memória devida ao Eng. A. GREGORI /27/ contém uma interessante resenha das investigações realizadas neste sentido, mas é muito duvidosa a eficiência prática dos métodos propostos, em consequência, sobre-

tudo, das hipóteses que se tem de admitir, e cuja concordância com a realidade dos factos é extremamente difícil verificar.

25. Determinação do escoamento máximo provável. Fórmulas

A análise das estatísticas, nas regiões onde se tem procedido a medições pluviométricas e de caudais durante períodos longos, conduziu à obtenção de diversas fórmulas para a determinação do escoamento máximo provável. Embora estas fórmulas tenham de ser empregadas com extrema precaução, visto terem apenas valor para um determinado grupo de condições fisiográficas, climáticas, etc., é conveniente citar as mais conhecidas, pois algumas delas podem ter utilidade para fornecer indicações de ordem geral, se bem que nunca se devam adoptar os seus resultados sem proceder a correcções que o estudo atento das condições especiais da bacia que se trata aconselhe.

Para pequenas bacias de (1 a 200 km. q. de área) usa-se na Baviera a fórmula de HOFMANN /32/

$$Q_{max} = m \frac{A}{(1+A)^{1/3}} \left(1 - 0.4 \frac{A_a}{A} \right) \text{ (m. c./s./km. q.)}$$

em que

A = área da bacia em km. q.;

A_a = área da parte arborizada da bacia;

m = coeficiente dependente do declive do vale,
cujo valor se toma como

4.50	conforme o declive longitudinal	> 2
3.75	nos dois terços inferiores do vale	2 a 0.5 ‰
3.00	é	< 0.5 ‰

Para o caso de bacias de maior extensão (aínda na Baviera) propôs o mesmo autor, em vez de expressão anterior, a seguinte:

$$Q_{max} = \frac{3A}{(1+A)^{20/100}} = 3A^{0.71} \text{ (m. c./s./km. q.)}$$

HOFBAUER /33/ propôs a fórmula

$$Q_{max} = m \sqrt{A} \text{ (m. c./s./km. q.)}$$

sendo A expressa em km. q., e tendo o coeficiente m os valores

- 15 a 21 no caso de terrenos planos,
- 21 a 31 no caso de terrenos ondulados, ou montes de altura mediana,
- 30 a 42 no caso de terrenos montanhosos.

HAERTEL /28/ sugeriu uma fórmula aplicável a bacias em que o comprimento de vale não excede 10 km., da forma seguinte:

$$Q_{max} = Q. m_1. m_2. m_3. m_4. \text{ (m. c./s./km. q.)}$$

Nesta expressão, Q é o caudal por km. q. correspondente ao escoamento considerado «normal». Quanto aos valores de m_1 , m_2 , m_3 e m_4 , são dados pela tabela seguinte:

TABELA XVII

Comprimento do vale em km.	m_1	Revestimento vegetal da bacia	m_2
0 a 2.....	1.0	Não arborizada.....	1.0
3	0.9	$1/4$ arborizada.....	0.9
4	0.83	$1/2$ arborizada.....	0.8
5	0.75	$3/4$ arborizada.....	0.7
6	0.68	$1/4$ arborizada.....	0.6
7	0.63		
8	0.58		
9	0.53		
10	0.50		
Acidentação da bacia	m_3	Permeabilidade do terreno	m_4
Vertentes muito inclinadas.....	1.	Impermeável.....	1.0
Muito montanhosa.....	0.95	Pouco permeável.....	0.9
Medianamente montanhosa.....	0.90	Medianamente permeável.....	0.8
Parte plana, parte pouco acidentada...	0.85	Muito permeável.....	0.0
Plana.....	0.80		

ISZKOWSKI [18] apresentou uma das fórmulas mais conhecidas, da forma:

$$Q_{ax} = c_h \cdot m \cdot \bar{h} \cdot S \text{ (m. c./s. km. q.)}$$

em que $\bar{h}$ é a altura pluviométrica média anual (em m.), S a área da bacia hidrográfica (em km. q.), e c_h e m coeficientes cujos valores são dados pelas TABELAS XVIII e XIX.

TABELA XVIII

VALORES DO COEFICIENTE m									
S	m	S	m	S	m	S	m	S	m
1	10.0	200	6.87	1400	4.320	8000	3.060	110000	1.980
10	9.5	250	6.70	1600	4.145	9000	3.038	120000	1.920
20	9.0	300	6.55	1800	3.960	10000	3.017	130000	1.855
30	8.5	350	6.37	2000	3.765	20000	2.909	140000	1.790
40	8.25	400	6.22	2500	3.613	30000	2.801	150000	1.725
50	7.95	500	5.90	3000	3.450	40000	2.693	160000	1.650
60	7.75	600	5.60	3500	3.335	50000	2.575	170000	1.575
70	7.60	700	5.35	4000	3.250	60000	2.470	180000	1.500
80	7.50	800	5.12	4500	3.200	70000	2.365	190000	1.425
90	7.43	900	4.90	5000	3.125	80000	2.260	200000	1.350
100	7.40	1000	4.70	6000	3.103	90000	2.155	225000	1.175
150	7.10	1200	4.515	7000	3.082	100000	2.050	250000	1.000

Os valores intermédios obtêm-se por interpolação.

As categorias a que se refere a TABELA XIX são as seguintes:

I. Terrenos bastante permeáveis com vegetação normal, ou terrenos de permeabilidade media com vegetação abundante, ou terras lavradas. Os valores desta categoria dão, para bacias de superfície não superior a 4000 km. q., valores do caudal máximo escoado excessivamente pequenos. Devem por isso aplicar-se, para superfícies inferiores a 1000 km. q., os valores correspondentes à categoria II, e, para superfícies de 1000 a 4000 km. q., os valores que se obtêm combinando os que correspondem às categorias I e II.

II. Bacias hidrográficas com terrenos de permeabilidade variável com vegetação normal, em colinas ou montes; ou com terrenos de permeabilidade uniforme, mas inferior, em zonas com vegetação normal, de planície ou ligeiramente onduladas. Em

TABELA XIX

VALORES DO COEFICIENTE C_h				
Características topográficas dos terrenos	Valor de C_h para terrenos das categorias			
	I	II	III	IV
1. Terrenos apaulados, depressões extensas	0.017	0.030	—	—
2. Planícies ou terrenos ligeiramente ondulados	0.025	0.040	—	—
3. Parte planície, parte colinas	0.030	0.055	—	—
4. Colinas pouco declivosas	0.033	0.070	0.125	—
5. } Parte montes de altura mediana, parte colinas ou } Colinas de vertentes bastante inclinadas }	0.045	0.080	0.150	0.400
6. Montes elevados, comparáveis às Ardennes	0.045	0.100	0.190	0.450
7. Montes elevados, comparáveis ao Hartz	0.050	0.120	0.225	0.500
8. Montes elevados, comparáveis aos Vosgos	0.055	0.140	0.290	0.550
9. }	0.060	0.160	0.360	0.600
10. } Montanhas, conforme a inclinação das vertentes	0.070	0.185	0.460	0.700
11. }	0.080	0.210	0.600	0.800

terrenos mais acidentados convém, para superfícies até 150 km. q., usar os valores correspondentes à categoria III; para superfícies até 1000 km. q., uma combinação dos valores correspondentes às categorias II e III; para superfícies mais extensas, os correspondentes à categoria II.

III. Terrenos impermeáveis com vegetação normal, no caso de colinas declivosas e montanhas. Aplicam-se os valores correspondentes a esta categoria quando a superfície da bacia não excede 5000 km. q.; para superfícies até 12000 km. q., emprega-se uma combinação dos valores das categorias II e III; para superfícies superiores a 12000 km. q., usam-se valores das categorias I e II combinados. Para bacias pequenas aplicam-se até $S=50$ km. q., os valores de IV; para superfícies até 300 km. q., valores combinados de III e IV.

IV. Terrenos muito impermeáveis, com pouca ou nenhuma vegetação, em colinas declivosas, montes elevados ou montanhas. Os valores correspondentes a esta categoria só são aplicáveis quando a superfície da bacia não excede 300 km. q.

Outros autores propozeram fórmulas mais simples, em algumas das quais não figura a altura pluviométrica média anual. Tal é a fórmula de LAUTERBURG /29/

$$Q = m \frac{1125}{31 + S} \quad (\text{m. c./s. km. q.})$$

em que m é um coeficiente cujo valor varia entre 0.25 (no caso de

terrenos muito permeáveis em planície) e 0.90 (no caso de vertentes de grande declive, muito impermeáveis) e S representa a superfície da bacia hidrográfica; tais são as fórmulas de KRESNIK /30/

$$Q_{min} = m \frac{25}{\sqrt{S}} \quad (\text{m. c./s./km. q.})$$

$$Q_{max} = m \frac{32}{0.5 + \sqrt{S}} \quad (\text{m. c./s./km. q.})$$

em que m tem valores variáveis entre 0.6 e 0.2.

Os engenheiros Italianos recorrem com frequência à fórmula de POSSENTI /31/

$$Q = m \frac{\hat{h}}{l} \left(S_m + \frac{S_p}{3} \right) \quad (\text{m. c./s./km. q.})$$

em que

S_m = Superfície montanhosa da bacia hidrográfica em km. q.;

S_p = Superfície plana da bacia hidrográfica em km. q.;

l = Comprimento do rio, em km., medido desde a origem;

m = Coeficiente numérico variável entre 700 e 800;

$\hat{h}$ = Altura, em m., da máxima precipitação pluvial em 24 horas.

Para o caso das regiões tropicais, é útil ensaiar o emprêgo das fórmulas que os engenheiros ingleses têm proposto para uso na Índia, a maior das quais são citadas no livro de R. B. BUCKLEY, *Irrigation Pocket Book* /2/. Entre elas, figuram as de RYVES, DREDGE, CRAIG, CHAMIER e RHIND.

Quási todas estas fórmulas são do tipo

$$Q = m \cdot S^n,$$

sendo

S = Área da bacia hidrográfica;

m = Coeficiente variável com a intensidade da chuva e a natureza dos terrenos da bacia hidrográfica;

n = Valor menor do que a unidade, variável em regra com o declive do curso de água e da respectiva bacia.

Relativamente a todas as fórmulas que se mencionaram, convém fazer as mesmas observações que foram suscitadas pelas fórmulas propostas para a determinação do escoamento médio anual. Há todavia, uma diferença importante entre os dois casos, por isso que, tratando-se de avaliar o escoamento máximo, é lícito admitir que se verificam certas condições desfavoráveis, o que permite fixar o valor de alguns elementos. Assim, pode, em alguns casos, admitir-se que o coeficiente de escoamento tem um valor igual à unidade, o que equivale a supor que não se dá evaporação nem infiltração durante o período de queda de chuvas que ocasiona a cheia. Evidentemente, é preciso evitar uma margem de segurança exagerada, que pode tornar, sem que tal se justifique, excessivamente elevado e inoportável até, o custo de obras cujas dimensões dependem do valor do escoamento máximo.

BIBLIOGRAFIA

1. P. LÉVY-SALVADOR—1920—Utilité et application de la mesure des précipitations atmosphériques / Rapports et Notes Techniques, Direction Générale des Eaux et Forêts, Annexe du Fascicule 51.
2. R. B. BUCKLEY—1920—Irrigation Pocket Book.
3. F. E. KANTHACK—1924—Principles of Irrigation Engineering.
4. M. DE HORATHIS—1930—Istituzioni di Idronomia Montana.
5. J. I. CRAIG / H. G. LYONS—1906—The Rains of the Nile Basin.
6. W. P. CREAGER—1927—Factors affecting Runoff / Hydro-Electric Handbook, by W. P. CREAGER and J. D. JUSTIN.
7. D. W. MEAD—1908—Water Power Engineering.
8. E. PACORET—1919—La Technique de la Houille Blanche, Vol. I.
9. F. H. NEWELL—1895—Proceedings of the Engineering Club of Philadelphia, Vol. 12.
10. J. B. LIPPINCOT and S. G. BENNETT—The Relation of Rainfall to Runoff in California / Engineering News, Vol. 47.
11. A. ENGLER—1919—Untersuchungen ueber der Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewaesser.
12. R. B. BUCKLEY—1905—The Irrigation Works of India.
13. SIR JOHN BENTON—1906—Note on the Determination of Supplies of Water available for Irrigation Works.
14. H. THEISSEN—1924—Journal of the New England Water Works Association.
15. KELLER—1906—Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in Mitteleuropa.
16. C. VERMEULE—Report of the New Jersey Geological Survey.
17. J. D. JUSTIN—1914—Derivation of Runoff from Rainfall Data / Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 77.
18. R. ISZKOWSKI—1886—Beitrag zur Ermittlung der Niedrigst — , Normal — und Hoechstwassermengen auf Grund charakteristischer Merkmale des Flussgebietes.
19. GRAVELIUS—1914—Flusskunde.
20. R. E. HORTON—1909—Transactions of the American Society of Civil Engineers.
21. F. S. HYDE / J. SCHUYLER—1902—Reservoirs for Irrigation, Water Power and Domestic Water Supply.
22. A. MEYER—1909—Transactions of the American Society of Civil Engineers.
23. A. MEYER—1912—Elements of Hydrology.
24. E. C. MURPHY—1906—Flood Discharge and Frequency in the United States.
25. G. CHAMIER / Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 134.
26. G. B. WILLIAMS / *The Engineer*, Sept 29, 1922.
27. A. GREGORI—1925—Sulla determinazione della portata massima nei corsi d'acqua naturali.

28. O. HAERTEL—Die Wildbach—und Lawinenverbaug / 1925 — Handbuch der Forstwissenschaft.
29. LAUTERBURG—Anleitung zur Berechnung der Quellen / und Stromabflussmengen etc. / 1887—Wiener Allg. Bauzeitung.
30. KRESNIK—Einfache Berechnung der Wassermengen, etc. / 1917—Oesterreichischer Wochenschrift fuer die oeffentlichen Baudienst.
31. POSSENTI / A. GREGORI / 27 / .
32. HOFMANN—1889—Deutsche Bauzeitung, N.º 47.
33. HOFBAUER—1916—Oesterreichischer Wochenschrift fuer die oeffentlichen Baudienst.
34. 1884—Relatório da Comissão encarregada de estudar o Aproveitamento das Águas no Alentejo.

Os dados relativos à Bacia do Sorraia foram extraídos do Projecto da Albufeira do Maranhão na Ribeira da Sêda, da antiga Direcção de Estudos Hidráulicos.

RÉSUMÉ

QUELQUES REMARQUES SUR LES MÉTHODES D'ÉVALUATION DE L'ÉCOULEMENT

L'Auteur passe en revue les nombreux facteurs qui agissent sur l'écoulement de la pluie qui tombe sur le bassin versant d'un cours d'eau, et remarque que l'écoulement se divise en deux parts, dont l'une ruisselle à la surface du sol, tandis que l'autre est absorbée par les couches souterraines, et ne s'écoule que très lentement.

L'A. signale les défauts attachés à l'emploi du *coefficient de ruissellement*, c'est-à-dire le rapport entre le volume d'eau écoulé pendant un certain temps en un point donné d'une rivière et le volume total des eaux pluviales tombées pendant le même temps à l'amont du point considéré. L'écoulement ne doit pas être exprimé comme un rapport, mais comme le *résidu* de la précipitation pluviale, après déduction des pertes par évaporation, transpiration et infiltration profonde.

Parmi les méthodes de détermination de l'écoulement les plus employées, la méthode directe, basée sur le jaugeage des rivières, est celle qui présente les plus grands avantages. L'A. fait, à ce propos, l'analyse détaillée des résultats de travaux de ce genre entrepris dans le bassin hydrographique du Sorraia, et il en signale l'utilité.

Quand on ne dispose pas de données recueillies pendant une période assez longue, il y a lieu d'employer la *méthode hydro-physique* proposée par le Prof. A. Meyer.

L'A. estime que les formules empiriques proposées par plusieurs ingénieurs ne conduisent jamais à des résultats satisfaisants lorsque les conditions physiographiques des bassins ne sont plus celles sous lesquelles ces formules ont été établies. En ce qui concerne la méthode qui consiste à fixer un pourcentage de la pluie annuelle arbitrairement choisi, l'A. est d'avis qu'il faut la mettre entièrement de côté, puisqu'elle ne tient pas compte du fait qu'il n'existe aucune relation linéaire entre l'écoulement et plusieurs facteurs qui ont de l'influence sur son volume.

SUMMARY

A FEW REMARKS ON THE METHODS OF ESTIMATING RUN-OFF IN A WATERSHED

The writer endeavours to ascertain the various factors that control the run-off in a watershed, and lays particular stress on the fact that run-off consists of surface flow and seepage flow. He also points out that the common expression of the yield of water from a watershed in terms of a percentage of the precipitation is fundamentally unsound.

Run-off may be defined as the *residual* precipitation, after evaporation, transpiration and deep seepage losses have been deducted.

Amongst the different methods of computing run-off usually adopted, the direct method based on the actual gauging of streams is by far the most satisfactory. The writer gives a detailed account of the work of this type carried out on the Sorraia watershed, and emphasizes its value. When, however, only short term records are available, the use of the *Hydro-Physical Method* developed by Prof. A. Meyer may be justified. The writer does not expect the empirical formulae that have been suggested by several engineers to give reliable results if physical conditions are other than those for which such formulae were worked out. As regards the method of simply taking an arbitrary percentage of the rainfall without giving due weight to the fact that there is no linear relationship between run-off and many of the factors that have a bearing on its amount, the writer is definitely of opinion that it should be altogether abandoned.

ZUSAMMENFASSUNG

EINIGE BEMERKUNGEN UEBER DIE METHODEN DER ABFLUSSBERECHNUNG

Der Verfasser versucht zuerst die verschiedenen, den Abfluss in einem gegebenen Gebiete kontrollierenden Faktoren festzustellen, wobei er grossen Wert auf die Tatsache legt, dass der Gesamtabfluss aus oberirdischem und unterirdischem Abfluss bestehe. Er betont, dass die allgemein uebliche Angabe der Wassermenge eines Gebietes in Prozenten des erfolgten Niederschlags ein grundsatzlicher Irrtum sei. Der eigentliche Abfluss bestehe vielmehr aus der *Restniederschlagsmenge*, die nach Abzug des durch den Boden und die Pflanzen bewirkten Verdunstungsschwundes und der durch Versickerung erfolgten Verlustmengen uebrig bleibt. Von den verschiedenen Methoden, deren man sich zur Berechnung des Abflusses gewoehnlich bedient, sei die auf der Feststellung der tatsaechlich vorhandenen Flusswassermasse fussende direkte Methode ohne Zweifel die beste.

Der Verfasser berichtet dann ausfuehrlich ueber die im Gebiete des Sorraiaflusses in diesem Sinne durchgefuehrten Arbeiten und betont ihren besonderen Wert. In Faellen, wo nur kurzfristige Beobachtungselemente zur Verfuegung stehen, koenne jedoch auch die von Prof. A. Meyer ausgearbeitete *hydro-physikalische Methode* berechnete Anwendung finden. Im Gegensatz zu der von verschiedenen Ingenieuren vertretenen Ansicht, glaubt der Verfasser nicht, dass empirische Formeln fuer Gebiete, deren physikalische Verhaeltnisse von denen, fuer die derartige Formeln ausgearbeitet wurden abweichen, wirklich wertvolle Resultate ergeben koennten. Was schliesslich die Methode anbelangt, nach der man einfach einen beliebigen Prozentsatz der jeweils gegebenen Regenmenge annimmt, ohne dabei Gewicht darauf zu legen, dass zwischen dem Abfluss und den vielen anderen in Frage kommenden Faktoren keine direkte Beziehung besteht, ist der Verfasser der Meinung, dass man sie gaenzlich fallen lassen solle.

Elementos para o estudo da Indução de poliploides no Trigo

POR

A. CAMARA

Professor do Instituto Superior de Agronomia

1. Introdução

Em trabalho anterior (Câmara, 1935, a), ao referir-mo-nos às técnicas do futuro no «*melhoramento das plantas*», citámos a «indução de poliploides» como uma das mais interessantes e mais prometedoras.

Consiste esta nova técnica em produzir artificialmente tetraploides, partindo de diploides normais, ou em criar indivíduos cuja constituição cromosómica seja dupla da constituição normal, própria da espécie que se considera.

É um facto conhecido que existem, por vezes, diferenças bem marcadas entre indivíduos diploides e tetraploides. O que se passa com o trigo, por exemplo, parece ser bastante significativo. Emquanto os diploides são de porte diminuto e de baixa produção, quasi sem valor cultural, os tetraploides representam um dos grupos de maior interesse económico. E se este exemplo pode ser discutido, pois tudo leva a acreditar que no género *Triticum* os tetraploides não derivaram dos diploides, por simples duplicação da série básica de cromosomas, outros exemplos mais expressivos se poderiam invocar. Há numerosas plantas gigantes, bem conhecidas, que não devem o character—«*gigantismo*»—senão à sua condição tetraploide. A variedade *gigas* da *Oenothera lamarckiana*, que surgiu entre as culturas de De Vries e de outros investigadores de *Oenothera*, tem 28 cromosomas, em vez de 14 que é o número próprio da espécie. Da mesma maneira muitas das plantas ornamentais, dotadas de grande desenvolvimento, devem a sua

superioridade, em relação às espécies bravas, a possuírem quatro séries de cromosomas em lugar de duas. Assim, as mais famosas roseiras são deste tipo—tetraploides. A variedade *Korolkowii*, por exemplo, deriva da Roseira de Himalaia, a «*Rosa macrophylla*»; assemelha-se extremamente à planta original, apenas difere dela no desenvolvimento que é incomparavelmente superior. Da mesma forma a bem conhecida Campânula «*Telham Beauty*» não é senão um tetraploide que proveio da *Campânula persicifolia*.

Os tetraploides são por assim dizer uma *ampliação* dos diploides. Duma maneira geral, podemos mesmo afirmar que os tetraploides, desde que resultem da simples duplicação da série básica de cromosomas, isto é, desde que sejam AUTOTETRAPLOIDES, segundo a expressão de Kihara e Ono, só acusam diferenças morfológicas ou fisiológicas «quantitativas». Os exemplos bem conhecidos de autotetraploides, como os do *Solanum lycopersicum* e *nigrum* (Winkler, 1916, Jorgensen, 1928, Lindstrom e Koos, 1931, Kostoff e Kendall, 1934), *Datura stramonium* (Belling e Blakeslee, 1924) e *Primula sinensis* (Keeble, 1912) traduzem claramente essa «ampliação» ou representação agigantada dos caracteres.

As características usuais dos tetraploides—maior robustez das plantas, folhas mais largas e mais espessas, flores e frutos maiores—poderiam citar-se para muitos outros indivíduos. Mas os exemplos referidos já bastam para se compreender o alcance prático que pode ter esta variação, o *poliploidismo*, quando ela puder ser provocada artificialmente.

O poliploidismo nas células somáticas das plantas, especialmente nos vértices vegetativos das raízes, tem-se obtido à custa de tratamentos vários, como pela elevação de temperatura, por feridas e até pela acção do hidrato de cloral e sulfato de quinino (Nemec, 1904, 1910).

Está averiguado ainda que determinadas plantas têm uma certa instabilidade em manter o *diploidismo* das suas células. Encontram-se, por vezes, manchas de células tetraploides, as quais podem naturalmente originar rebentos que serão inteiramente desta condição cromosómica. O caso do tomateiro é especialmente interessante como exemplo desta possibilidade de criar tetraploides, por simples mutações somáticas. Verificou-se (Sansome, 1930) que no tecido cicatricial, obtido depois de enxertia, de tomateiros diploides, se formam por vezes rebentos tetraploides, por simples mutações somáticas. Determinou-se

mesmo mais (Sansome e Zilva, 1933) que as plantas tetraploides obtidas desta maneira, além de apresentarem as características vulgares dos indivíduos tetraploides—maiores dimensões, maior robustez, maior produção—tinham os frutos mais ricos em vitaminas.

Como é evidente a constituição tetraploide pode aparecer espontaneamente. Conhecem-se plantas de milho, por exemplo, que são naturalmente tetraploides. Mas parece que nem tôdas as plantas se sujeitam da mesma maneira a esta variação. Enquanto umas são susceptíveis ao tetraploidismo, há outras que são extremamente renitentes à duplicação natural da série básica dos cromosomas. O género *Crepis* constitue uma boa demonstração do primeiro caso. Efectivamente vários investigadores mostraram que este género tem uma tendência acentuada para que as espécies diploides mostrem, nas suas descendências, uma certa percentagem de poliploides. Navashin (1931) determinou, por exemplo, que numa população normal de *Crepis tectorum* havia nada mais nada menos que 0.5 % de indivíduos triploides e tetraploides.

É natural que o tetraploidismo não seja outra coisa senão uma forma de reacção da planta a certos factores externos. Sabe-se, com efeito, que uma geada é capaz de suspender temporariamente as divisões nas células mãis de pólen, e originar assim algumas gametas em que o número de cromosomas é duplo do das células normais.

De Mol (1929) descobriu que muitos dos tipos aberrantes cromosómicos, das plantas bulbosas, resultavam do costume mais ou menos generalizado de secar os bolbos depois da floração. Este sistema traduzia-se em sujeitar êsses indivíduos a temperaturas muito diversas, quando se formavam células germinais, o que originava várias anomalias nas divisões meióticas.

As plantas de trigo, quando se sujeitam a temperaturas altas ou baixas no momento da floração, conforme relatou Bleier (1930), apresentam muitos grãos de pólen com 2 e 4 vezes o número de cromosomas.

Finalmente os raios X parecem ser um agente poderoso para duplicar as séries de cromosomas. Embora se tenha pôsto em dúvida a sua utilização (Mather e Stone, 1933), assiste-se, por vezes, e com relativa frequência, à produção de células tetraploides (Câmara, 1935, b).

Conhecendo-se estes casos, era natural que se procurasse tirar partido, dos vários agentes estudados, para induzir as condições poliploides, nas plantas de maior interesse agrícola.

Em 1932, Randolph apresentou alguns efeitos que as temperatu-

ras elevadas exercem sobre o poliploidismo no milho. Desde então vários investigadores se têm preocupado com este facto, a-fim-de se obterem resultados práticos no melhoramento das plantas de maior valor económico.

Assim, numa revisão, dos novos métodos de melhoramento, Hudson (1933) referia-se à importância desta questão, afirmando que ela deveria ter no futuro um largo alcance prático.

Sabemos, contudo, que nem todas as plantas se comportam da mesma maneira, perante os diversos tratamentos. Assim, enquanto o milho e as cevadas parecem ser plantas relativamente fáceis de alcançar a duplicação cromosómica, o trigo apresenta-se como extremamente resistente a essa duplicação, desanimando os diversos investigadores que a têm tentado.

Não se conhecendo ainda nada sobre as razões desta diversidade, poderia parecer curioso analisar efeitos de determinados tratamentos em plantas reconhecidamente autopoliploides e confrontá-los depois com os verificados em plantas nitidamente alopoliploides. Poderia ser efectivamente que a existência de séries diversas de cromosomas ou a ocorrência remota de variações profundas, na constituição dos diversos elementos, fôsem responsáveis pela relutância manifestada, por certas plantas, em duplicarem a sua constituição cromosómica.

Foi esta concepção que nos levou primeiro a tentar a obtenção de poliploides no género *Triticum*, partindo quer dos diploides quer dos alotetraploides. Depois reconhecendo que a obtenção de octoploides a partir de tetraploides, trigos rijos e túrgidos, conduziria necessariamente à produção de formas de inestimável valor cultural, cuidámos de desenvolver estes trabalhos. Já não era pois, exclusivamente, um objectivo de ciência pura que nos movia, mas um objectivo utilitário.

Ajuízam-se antecipadamente as vantagens dos trigos de constituição $8n$, visto que se conhece perfeitamente o valor que os trigos $4n$ têm nas regiões meridionais, sujeitas a condições climáticas severas.

A duplicação da série completa dos cromosomas não conduz a efeitos excepcionais num único ou em poucos caracteres. Todo o indivíduo é forçosamente afectado, visto que cada célula tem o número duplo de cromosomas e portanto cada gene há-de ser representado quatro vezes. Se os trigos rijos têm genes de acentuada resistência à secura, por exemplo, é intuitivo que a condição tetraploide deve exaltar essa boa faculdade. E do mesmo modo se devem sentir efeitos em todos os caracteres, quer eles sejam apreciados ou prejudiciais.

Não se cuidava evidentemente de obter plantas gigantes, visto que o gigantismo, para o caso especial do trigo, não pode representar um carácter útil. Demais nem tôdas as duplicações cromosómicas se traduzem nessas características. Nos milhos, por exemplo, o grande desenvolvimento só aparece em certos órgãos vegetativos. Em geral, conforme relata Randolph (1935), os milhos tetraploides não diferem marcadamente dos diploides no aspecto geral das plantas. Têm aproximadamente a mesma altura e um desenvolvimento similar. Sòmente os colmos são mais grossos, as fôlhas mais largas e mais espessas e as panículas e espigas maiores. Um caracter importante nestes tetraploides e que entusiasma os «melhoradores» é que o grão é maior e consideravelmente mais pesado. Segundo calcula Randolph o acréscimo do pêso do grão, correspondente à duplicação cromosómica, é de 50 % aproximadamente.

O objectivo essencial que visávamos era obter plantas que tivessem, a par duma maior resistência fisiológica às condições adversas, uma maior produtividade. E parecia que os resultados obtidos no milho nos davam algumas esperanças. Pretendíamos ainda, caso falhassem as nossas tentativas, inteirarmo-nos do motivo porque os trigos oferecem dificuldades à criação de poliploides e averiguar se porventura a sua origem alopoliploide pode intervir de qualquer maneira nesse procedimento particular.

2. Material e Técnicas

Não se trataram só trigos tetraploides. Julgou-se vantajoso, para analisar as diversidades de comportamento, tratar também trigos diploides.

O material utilizado foi:

- Trigo Escanha (*Triticum monococcum*, L. var. *vulgare*, Korn.)
 - » Lobeiro (*T. durum*, Desf. var. *leucurum*, Korn.)
 - » Rubião (*T. turgidum*, L. var. *speciosum*, Korn.)
 - » Bagudo (*T. turgidum*, L. var. *pseudo-mirabile*, Perc.)

Como tratamentos utilizaram-se temperaturas elevadas, tanto após a germinação como durante a divisão reductora.

Os primeiros tratamentos executaram-se com temperaturas variáveis, segundo as diversas modalidades que se julgaram convenientes.

tes. Depois adoptou-se apenas uma única modalidade, visto ter-se reconhecido que seria mais vantajoso acumular vasto material duma única experimentação, do que juntar pouco material de numerosos tratamentos.

Procedeu-se da seguinte maneira. Primeiramente promovia-se a germinação das sementes em placas Petri. Logo que as radículas apareciam, submetiam-se as plantas a elevadas temperaturas. Estas

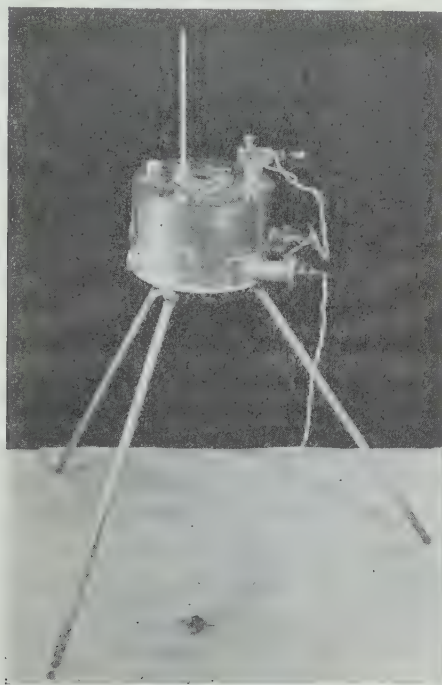


FIG. 1

eram de 43° C. e os tratamentos executavam-se em quatro dias seguidos, durante períodos de duas horas.

As sementes enterravam-se depois e vigiava-se a vegetação das plantas a que davam origem. Mais tarde procedia-se à transplantação, colhendo-se então as radículas necessárias ao estudo. Como fixadores, usámos vários com base de formol, ácido crómico e ácido acético. Estes fixadores, embora não dêem contornos precisos, como os que vulgarmente obtemos neste Laboratório, segundo a técnica que apli-

camos para analisar os cromosomas somáticos do trigo, são perfeitamente satisfatórios para simples contagens.

As radículas, depois de fixadas, eram sujeitas ao método usual de desidratação, inclusão, corte e coloração. *

A técnica adoptada para o aquecimento, feito durante a divisão redutora, é um pouco mais delicada. Geralmente, os vários investigadores costumam levar as plantas a estufas adequadas, onde se submetem ao calor desejado. No entanto, havendo conveniência em aquecer apenas a região onde se encontra a espiga, que na fase da divisão redutora está ainda dentro do colmo, a distância variável da última fôlha, conforme a planta que se considera e a maneira como correu o tempo, torna-se bastante difícil executar o tratamento. Costuma-se abrir orifícios nas paredes das estufas, orifícios por onde depois se fazem passar os colmos até à altura desejada. Mas parece-nos que este sistema não é muito aconselhável. Supomos que seria mais vantajoso aquecer as plantas em pleno campo e apenas na região restrita da espiga.

Para isso desenhámos uma pequena estufa eléctrica, que foi depois construída no nosso Instituto e que nos deu satisfação completa (fig. 1). A estufa era cilíndrica e apresentava uma pequena câmara de aquecimento. Esta câmara tinha duas tampas móveis furadas, de modo que a colocação da planta se tornava extremamente simples. Para facilitar o alinhamento da planta e a disposição da estufa ao nível desejado, ela era munida dum tripé. Finalmente era completada por um termo-regulador do tipo construído na oficina do Instituto.

O colmo da planta era introduzido na câmara de aquecimento à altura da turgescência da espiga. Esta era portanto a única região da planta, exclusão feita duns dez centímetros aproximadamente para cima e para baixo da zona tratada, que recebia o calor. Aconchegava-se depois o colmo às tampas móveis daquela câmara por meio de simples tampões de algodão.

As temperaturas adoptadas foram variáveis, entre 48° C. e 58° C. Os elementos de que dispomos não são ainda de molde a orientar-nos sobre as temperaturas mais convenientes. Pareceu-nos, contudo, que não havia proporcionalidade entre os efeitos e a energia do tratamento. Mas ainda nada podemos afirmar com segurança.

A indecisão em que estamos é grande sobre o efeito das temperaturas elevadas na divisão meiótica. Fôsse por qualquer erro experimental que passou despercebido, ou fôsse porque por qualquer factor interno da própria planta que permita aos indivíduos reagirem de

maneiras distintas, aos mesmos tratamentos, não conseguimos precisar quais eram as temperaturas mais convenientes nem quais eram os melhores tempos do tratamento.

Temos de salientar aqui que este trabalho é um simples relato preliminar de algumas das nossas experiências nos últimos dois anos. Apenas queremos dar conta do que fizemos e do que observámos, para registar as nossas investigações e para servir de ponto de partida a trabalhos mais detidos do nosso Laboratório.

As imperfeições da técnica inicialmente estabelecida, as dificuldades do trabalho executado em pleno campo, para exercer os tratamentos térmicos, a complexidade sentida na observação posterior dos efeitos operados na divisão meiótica, levaram-nos a procurar trabalhar com mais cuidado uma planta favorável sob este ponto de vista. Por estas razões, trabalhámos sobre «*Aloë arborescens*», planta a que freqüentemente temos recorrido neste Laboratório, para estudar vários factos ligados à mecânica da meiose. Encontrámos assim elementos que parecem dar-nos algumas indicações valiosas para as investigações em causa. (Câmara, 1935, c.).

De algumas plantas aquecidas, pelo segundo sistema, estudaram-se células mãis de pólen, a-fim-de determinar os efeitos das temperaturas durante a meiose. Fizeram-se então esfregaços de anteras e fixaram-se no bem conhecido fixador de La Cour 2BD. Seguiu-se depois a técnica ordinária da coloração de Newton. Só pudemos fazer esfregaços definitivos de pouco material de trigos diploides e tetraploides. Entretanto, como se observaram numerosas células coradas com carmim acético, parece que colhemos os suficientes elementos de informação para este primeiro estudo.

3. Observações e Discussão

Em primeiro lugar daremos conta dos resultados observados nas células somáticas após o tratamento térmico.

Realizado o exame, às diversas secções das plantas estudadas, reconheceu-se que, em todos os casos, havia aparecimento de condições cromosómicas duplas das normais. Mas enquanto nas cevadas, que tratámos a título de curiosidade, e como testemunhas, este número era bastante elevado, no *Triticum monococcum* era reduzido, e nos trigos tetraploides ele era extremamente baixo.

Nos trigos diploides encontram-se não só células tetraploides disseminadas entre células normais (fig. 2), como se encontram verdadeiros sectores tetraploides. Não encontramos no nosso material um único caso de tetraploidismo completo para toda uma raiz. Mas chegámos a encontrar sectores de extensão apreciável.

Nas cevadas parece ser relativamente simples a indução do poliploidismo, a avaliar pelo número de células tetraploides, obtidas após o tratamento pelo calor. Neste caso ainda não conseguimos ver, entre as plantas tratadas, uma raiz inteiramente tetraploide. Mas a extensão dos sectores era muito maior que nos trigos diploides.



FIG. 2

Finalmente nos trigos de constituição $4n$ o comportamento parece ser muito diverso. Ha casos em que se assiste à formação de numerosas células octoploides (fig. 3). Noutros, porém, não se observa uma única, devendo notar-se que se trata dos mesmos indivíduos, da mesma linha pura, e sujeitos aos mesmos tratamentos.

Entre os efeitos manifestados pelas plantas deve notar-se em primeiro lugar a esterilidade. No *Triticum monococcum*, sobretudo, este aspecto é muito para considerar. Cerca de 25 % das plantas eram estéreis. Algumas, raras, não atingiam a maturação.

Nos trigos tetraploides observam-se também efeitos secundários que merecem referência. No trigo Bagudo, por exemplo, verificou-se, como primeira consequência, o exagêro da pubescência. Em segundo lugar reconheceu-se que era muito mais acentuado o character ramoso. Algumas espigas dêste trigo pareciam mesmo tão ramificadas como as mais características do *T. turgidum*, var. *pseudo-cervinum* ou do *T. turgidum*, var. *mirabile*.

Não são novos estes efeitos secundários fenotípicos das elevadas temperaturas. Há muito que êles foram estudados na *Drosóphila melanogaster*, de modo que já se conhece a influência que o calor



FIG. 3

pode exercer na exaltação de certos caracteres. Nós próprios já havíamos chamado a atenção para certas modificações ocorridas na *Drosóphila pseudo-obscura* depois da acção do calor (Câmara, 1934).

Ainda encontrámos um tetraploide, um trigo Lobeiro, que apresentava um caso interessante de ramificação do colmo, uns vinte centímetros acima da terra (figs. 4 e 5). A espiga desta ramificação era perfeitamente normal; a outra contudo além de ser muito maior, com cêrca de 18 cm. de comprimento, apresentava um certo número de anomalias (fig. 6). O alongamento da espiga, as maiores dimensões das

glumas, o alongamento do dente apical foram características que chamaram a atenção, por poderem sugerir que se tratava duma planta octoploide, isto é da planta que trouxesse a condição procurada. Devemos notar que o colmo da maior espiga era mais alto e mais forte e que as folhas desta planta eram também mais largas e

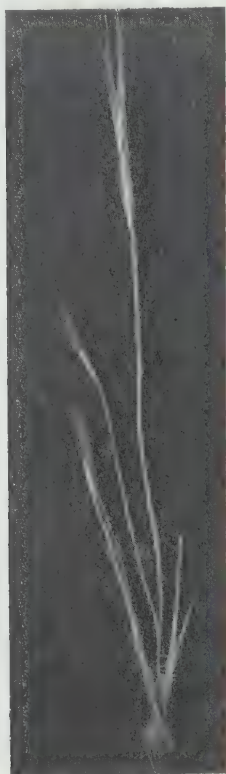


FIG. 4



FIG. 5

mais espessas, enfim características que poderiam fazer supor tratar-se da duplicação cromosômica.

Embora a esterilidade dêste indivíduo, na espiga anormal, fôsse muito acentuada, criaram-se alguns grãos, de maneira que se puderam estudar os cromosomas das suas células somáticas. Os resultados destas nossas observações parecem ter algum interesse. São êsses resultados que seguidamente referimos.

Algumas células eram nitidamente octoploides (fig. 7), outras

tetraploides e algumas apresentavam numerosos fragmentos. É indispensável acentuar que só se observaram metafases nitidamente mergulhadas no plasma, deixando-se larga folga para um e outro lado da focagem, de modo a não se cometerem erros na apreciação de cortes de cromosomas. Notaram-se fragmentos em certas células e ainda se verificou que estes fragmentos se dispunham geralmente na

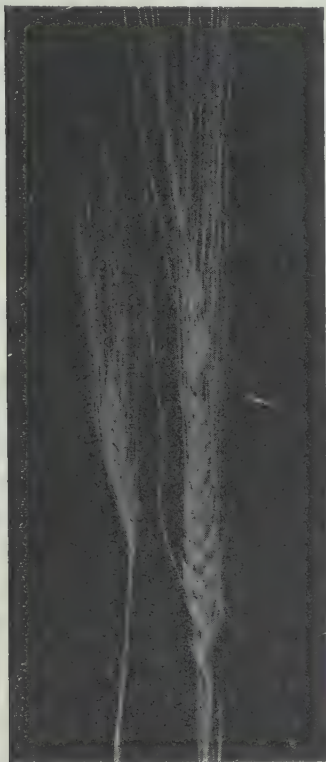


FIG. 6

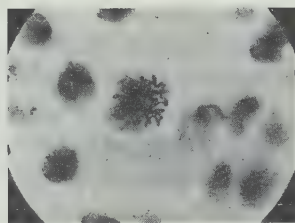


FIG. 7

periferia dos núcleos estudados. Parece que êste fenómeno da fragmentação é raro. De facto nos trigos diploides só encontrámos um único caso e nos tetraploides à parte o relatado, daquela espiga anormal, não conseguimos observar nenhum.

As células octoploides daquela planta não eram bastante numerosas. Em contrapartida as secções evidenciavam uma actividade mitótica perfeitamente excepcional. Enquanto as plantas tetraploides

normais, que tomámos para testemunhas, não mostravam senão raras divisões, e isto em idênticas condições de fixação, às mesmas horas e com os mesmos fixadores, esta planta apresentava um número elevadíssimo de divisões.

Finalmente resta-nos apontar alguns dos resultados colhidos na meiose. Parece que estes devem atrair mais a atenção pois que a maneira mais usual de se criarem poliploides é a partir de anomalias verificadas na meiose.

Como dissemos efectuámos esfregaços para estudar a acção da temperatura e para precisar a ocasião mais conveniente em que deveria ser realizado o tratamento.

Tivemos a preocupação de submeter as plantas ao calor em várias fases: 1) quando as inflorescências ainda estavam longe da divisão redutora; 2) quando atingiam a profase da primeira divisão; e 3) quando se completavam as segundas divisões.

Só colhemos dados citológicos, por razões bem compreensíveis, do primeiro e segundo tratamentos.

No *Triticum monococcum*, as metafases da 1.^a divisão, quando se procedia à preparação de esfregaços decorridas poucas horas depois do tratamento, apresentavam algumas anomalias. A anormalidade consistia, primeiro, em os cromosomas se agregarem em uma massa de contornos imprecisos. Depois quando se demorava a fixação, isto é quando decorriam alguns dias sobre o tratamento, verificava-se um acréscimo no número de quiasmata totais. Estudadas numerosas células, parecia que o acréscimo de frequência do quiasmata era estatisticamente significativo. No entanto, algumas células que tivemos de pôr de parte por parecerem excepcionais apresentavam em lugar dum acréscimo uma diminuição sensível. Em algumas delas o número de quiasmata totais passava por exemplo de 15, que era aproximadamente o normal, para 10. Sendo frequente, em células normais, dois e três quiasmata terminais, por cada bivalente, essa condição já não se verificava em algumas plantas aquecidas.

Quando se demorava ainda mais a fixação parecia que as células voltavam à normalidade.

Nunca encontramos nas meioses dos trigos diploides, nas metafases da 1.^a divisão, casos de tetraploidismo. Algumas vezes observavam-se cromosomas dispersos na placa equatorial ou no fuso sem se emparelharem. Esta circunstância parece explicar-se pela ocorrência de variações cromosómicas que tivessem conduzido à perda da ho-

mologia sem elementos. Encontramos o mesmo facto em alguns trigos tetraploides, depois de sujeitos a tratamentos antecipados, mas muito enérgicos.

No nosso material observámos por vezes células haploides, e isto tanto em trigos tetraploides como em diploides.

Como se sabe têm aparecido ocasionalmente indivíduos haploides nos géneros *Triticum*, *Crepis*, *Oenothera*, *Solanum*, *Nicotiana*, *Oryza*.

Até agora, embora estudássemos numeroso material, só encontramos células haploides e nunca observámos indivíduos desta condição. Entretanto, parece-nos que a existência de *T. monococum* haploide, como o criado por raios X por Kihara e Katayama (1932), autoriza a supor que o aparecimento repetido dessas células no nosso material poderia criar as mesmas constituições.

O nosso interesse foi chamado principalmente para as células haploides dos trigos *4n*. Sabendo nós que estes trigos além duma série de cromosomas *A*, idêntica à dos trigos diploides, possuem uma outra série *B*, diferente daquela, pretendemos estudar os tipos de cromosomas que surgiram nas células haploides a-fim-de determinar se se tratava da série *A*, se da série *B*, se de elementos de ambas, o que parecia mais natural. Infelizmente com as fixações obtidas, tendentes apenas a obter uma contagem fácil, não conseguimos fazer com o necessário rigor essa determinação. Para esse efeito teríamos de recorrer a um constritor, como o hidrato de cloral, e seguir a técnica usualmente adoptada neste Laboratório, para a identificação dos cromosomas do trigo.

É cedo ainda para se discutirem os motivos que determinam a produção dos poliploides. Os elementos de estudo que acumulámos são insuficientes para empreender tal obra. Demais são muito diversas e muito numerosas as hipóteses alvitadas para explicar o poliploidismo.

É compreensível que este fenómeno tenha de derivar ou da duplicação dos cromosomas ou de anomalias ocorridas na meiose. Darlington (1930), concebeu a origem dessas anomalias segundo quatro modos diversos:

1. Pela diminuição de actividade na 1.^a ou 2.^a divisão.
2. Pelo facto dos cromosomas se dividirem equacionalmente duas vezes.

3. Pelo *sindiploidismo* ou seja pela formação de células germinais femininas binucleadas.
4. Pela supressão completa da 1.^a divisão.

A primeira circunstância apontada dá-se pelo abandono de cromosomas entre os dois polos, de tal modo que se estabelecem traços de união entre os dois núcleos filhos. Isto impede a formação de dois núcleos distintos. Claro que este abandono de cromosomas pode resultar, na primeira divisão, da quebra de emparelhamento. Ora, esta deriva da falta de homologia dos cromosomas. Parece então que se a temperatura é capaz de realizar estas condições, como verificámos, ela poderá produzir o estado necessário à primeira circunstância referida e portanto induzir a duplicação cromosómica.

O caso dos cromosomas se dividirem equacionalmente duas vezes parece ser muito pouco vulgar. Contudo, observámos esta divisão não só em células germinais como em células somáticas. A nossa experiência, sobre trigos, tem mostrado mais que o hidrato de cloral — o constritor a que freqüentemente recorremos — é bastante eficaz para realizar esta divisão supranumerária. Da mesma maneira em trigos tratados por raios X verificámos a produção de células tetraploides por fendilhamento secundário, criando cromosomas mais delgados que os normais.

Ainda a condição do *sindiploidismo* surgiu no nosso material. A consequência deste fenómeno traduz-se em que se produzem gametas diploides. Ora, nos trigos escanhas observados, verificámos alguns casos de *sindiploidismo*.

Multiplicaram-se as observações nos trigos tetraploides a ver se conseguíamos notar a constituição $4n$ nas células germinais. Mas a-pesar-da massa importante de material que estudámos nunca pudemos observar tal constituição.

Finalmente, a quarta condição, da supressão completa da primeira divisão, não foi observada nos trigos diploides nem nos tetraploides. Devemos, no entanto, referir que vários gametas aneuploides se formaram, em resultado de qualquer condição que não pudemos precisar.

Como se compreende não é fácil apurar as razões deste mecanismo. E não é fácil, porque o fenómeno é bastante raro e decompõe-se em tantos aspectos que necessariamente hão-de exigir numerosas explicações.

Parece mais simples discutir a duplicação somática. Em muitas

células $4n$ que tivemos ensejo de observar, no T. monococum, parecia que essa condição resultava da fusão de 2 núcleos ou da ausência da parede celular que deveria existir entre êles.

Já Mather em 1933 se inclinava para explicar a origem dos rebentos tetraploides, no tecido cicatricial, obtido depois da enxertia de tomateiros diploides, pelo facto de se não estabelecer a parede celular referida.

No entanto, esta noção da duplicação somática parece complicar-se pelo facto, revelado por Kostoff e Kendall (1932), das plantas de tomateiro infectadas com *Bactéria tumefaciens* originarem tumores, dos quais irrompem alguns rebentos tetraploides.

É evidentemente complexo êste facto. Embora seja correntemente interpretado, como derivando de modificações profundas do conteúdo celular, não se compreende bem tal explicação pois que há casos bem conhecidos de plantas aparentemente normais produzirem espontâneamente as mesmas variações no número de cromosomas. Gustafsson (1932) referiu, por exemplo, que em *Taraxacum vulgare* ($2n = 24$) se nota às vezes o aparecimento de células mãis de polen com números variáveis de cromosomas, indo desde 24 até 76.

Parece que os autotetraploides obtidos experimentalmente não são outra coisa que a repetição dos casos naturais de autotetraploidismo. Apenas se julga que os processos da variação experimentam uma aceleração considerável sob a acção dos diversos agentes utilizados.

Desta maneira afigura-se-nos que seria de grande utilidade comparar o comportamento dos autotetraploides experimentais com o dos naturais.

Embora se tenha afirmado que êstes últimos poliploides apresentam algumas diferenças, em relação àqueles, não parece que essas dissimelhanças tenham algum significado. Diz-se, por exemplo, que os autotetraploides experimentais, são, por via de regra, muito menos férteis que os naturais; e realmente parece haver um perfeito contraste entre a fertilidade duns e doutros.

Entretanto, em nosso critério, se analisarmos bem as razões dessa diferença, acabaremos por reconhecer que ela é menos importante do que habitualmente se julga.

Darlington atribui a redução de fertilidade nos autotetraploides artificiais (1933) a irregularidades meióticas causadas pela produção de tetravalentes. Mas há numerosas circunstâncias que nos levam a não poder aceitar esta explicação. Com efeito Lindstron e Koss (1931) re-

ferem-se ao caso dum tomateiro tetraploide que, não obstante sofrer uma esterilidade notável, tinha uma meiose perfeitamente normal. Ainda Honing (1928), ao analisar uma *Canna aureo-vilata* tetraploide, pôde observar um caso de degenerescência da meiose que nada tinha de comum com a produção de tetravalentes. Os próprios resultados de Upcott (1935), embora acusem NÃO-DISJUNÇÕES em tetravalentes, não podem confirmar a explicação de Darlington, visto que o número de grãos de pólen funcionais que se obtinham depois destas anomalias eram ainda suficientes para fecundar todos os óvulos. Assim, parece que não há possibilidades de explicar a diferença de comportamento senão por perturbações fisiológicas da reprodução. Ora, estas têm naturalmente de depender da constituição génica dos indivíduos.

Na duplicação cromosómica obtém-se, como já dissemos, a ampliação dos bons e maus caracteres dos diploides. Evidentemente, se um dado indivíduo tem genes de esterilidade, a condição tetraploide que ela poderá originar, há-de ser de esterilidade mais acentuada. Parece assim que se os tetraploides se sujeitarem a uma selecção intensa, se verificará a eleição das formas mais vantajosas, isto é daquelas que evidenciam maior fertilidade. A selecção natural, como é intuitivo, deve ter exercido uma acção enérgica nos tetraploides naturais, apurando os mais férteis. Não deve portanto admirar que os poliploides artificiais, obtidos em pequeno número, constantemente vigiados e protegidos pelos «melhoradores», escapem à obra da selecção natural, e possam ser assim mais estéreis que os naturais.

Como se compreende esta circunstância não constitui uma característica diferencial dos autotetraploides experimentais e naturais. É apenas um resultado da selecção natural e nada mais.

Dadas as semelhanças existentes entre os autotetraploides artificiais e os naturais, parece que se deveria cuidar de apurar a origem destes para esclarecer a daqueles. Sòmente são tão numerosas as hipóteses aventadas sobre a origem dos poliploides, que é natural ficar-se indeciso, sem se saber como os artificiais poderão ser explicados. A revisão feita por Heilborn (1934) conduz-nos exactamente a esta indecisão.

No entanto, não se tendo preocupações de definir, nos seus promenores, a origem, e procurando apenas marcar directrizes de trabalho, na indução de poliploides, que de certa maneira se ajustem à origem espontânea dos autotetraploides, bastará frisar que estes derivam ou da duplicação somática ou da quebra de redução na gametogenese. É evidente que a condição do autotetraploidismo só poderá

realizar-se quando se dêem estas condições e ainda quando houver possibilidades de autofecundação ou condições favoráveis dos cromosomas que permitam a meiose regular dos poliploides. Claramente, se falhar uma destas condições, conforme acentuou Heilborn, o referido poliploidismo será difícil ou mesmo impossível.

Conhecendo-se êstes factos, poder-se-hão atribuir os resultados negativos, obtidos nos tetraploides do género *Triticum*, não a deficiências técnicas, da experimentação, mas a qualquer condição própria do material que impeça a duplicação cromosómica procurada.

BIBLIOGRAFIA

- BEADLE, G. W. —1931— A gene in maize for suprenumerary cell divisions following meiosis. Cornell Univ. Agri. Expt. St. Memo. 135 : 1-23.
- BELLING, J. and BLAKESLEE, A. F.—1924 —The distribution of chromosomes in tetraploid *Daturas*. Amer. Natur. vol. LVIII : 60-70.
- BLEIER, H.—1930 — Experimentell-cytologische Untersuchungen I. Einfluss abnormale Temperatur auf die Reduktionsteilung. Zeits. f. Zellf. u. mikr. Anat. 11 : 218-236.
- CAMARA, A. — 1934 — Produção de mutações na "*Drosophila pseudo-obscura*," por meio de temperaturas elevadas. An. Inst. Sup. Agronomia, vol. VI (2) : 7-31.
- 1935, a—Novos horizontes no melhoramento das plantas. Agros II série (5) : 196-218.
- 1935, b—Efeitos dos raios X nos cromosomas do *Triticum monococcum*. Sua análise na apreciação da filogenia do Trigo. An. Inst. Sup. Agronomia, vol. VII (1) : 5-38.
- 1935, c—Influência das temperaturas elevadas na meiose do *Aloë arborescens*. Rev. Agronômica, 23 (2) : 280.
- DARLINGTON, C. D.—1930 — Studies in *Prunus*. Jour. of Genet. 22 : 65-93.
- 1932—Recent advances in Cytology. London.
- DE MOL, W. E.—1929—The originating of diploid and tetraploid pollen-grains in Duc van Thol tulips (*Tulipa suaveolens*) dependent on the method of culture applied. Genetica 11 : 119-212.
- GUSTAFSSON, Å.—1932 -- Spontane Chromosomenzahlerhöhung in Pollenmutterzellen und die damit verbundene Geminibildung. Hereditas 17 : 100-14.
- HEILBORN, O.—1934 — On the origin and perservation of polyploidy. Hereditas 19 : 233-242.
- HONING, J. A. - 1928 — *Canna* crosses. II. The chromosome numbers of *Canna glauca*, *C. glauca* × *indica* F₁, *C. aureo-vittata* and *C. aureo-vittata* gigas—Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool at Wageningen. vol. 32 : 1-14.
- JORGENSEN, C. A. — 1928 — The experimental formation of heteroploid plants in the genus *Solanum*. Jour. Genet. vol. XIX : 133-211.
- KEEBLE, F.—1912—Gigantism in *Primula sinensis*. Jour. Genet. vol. 2.
- KIHARA, H.— 1932—Über das Vorkommen von haploiden Pflanzen bei *T. monococcum*. Kwagaku. Tokyo. 2.
- KOSTOFF, D. and KENDALL, J. 1932 — Origin of a tetraploid shoot from the region of a tumour on tomato. Science 76 : 144.
- LINDSTROM, E. W. and KOOS, K.—1931 — Cyto-genetic investigations of a haploid. tomato-and its diploid and tetraploid progeny. Am. Jour. Bol. vol. XVIII : 398-410.

- MATHER, K.—1933—The origin of tetraploid shoots from the callus of diploid. Jour. Genet. 27 : 127-32.
- MATHER, K. and STONE, L. H. A.—1933—The effect of X-rays upon somatic chromosomes. Jour. Genet. 28 : 11-24.
- NAVASHIN, M.—1931 — Spontaneous chromosome alterations in *Crepis tectorum*, L. Univ. Calif. Publ. Agr. Sci. 6 (7) : 201-206.
- NEMEC, B.—1904—Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern-und Zellteilung Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 39.
- 1910—Das problem der Befruchtungsvorgänge. Berlin.
- RANDOLPH, L. F.—1932—Some effects of high temperature on polyploidy and other variations in maize. Proc. Nat. Acad. Sci. 18 : 222-229.
- 1935—Cytogenetics of tetraploid maize. Jour. Agri. Res. 50 (7) : 591-605.
- SANSOME, F. W.—1930—Graft hybrids and induction of polyploids in *Solanum*. Rep. and Proc. 9 th. Int. Hort. Cong. 92-99.
- SANSOME, F. W. and Zilva, S. S.—1933—Polyploidy and Vitamin C. Bio-Chem. J. 27 : 1935-41.
- UPCOTT, M.—1935—The cytology of triploid and tetraploid *Lycopersicum esculentum*. Jour. of Genet. 31 : 1-19.
- WINKLER, H.—1916—Über die experimentelle Erzeugung von Pflazen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Zeits. f. Botanik VIII : 417-531.

Aspecto paradoxal da Emigração portuguesa

ANÁLISE POSITIVA.—VALORES NEGATIVOS

POR

Ad. BAPTISTA RAMIRES

Professor do Instituto Superior de Agronomia

Passado o período dos descobrimentos e das conquistas, gasto o ouro que o comércio da Índia e do Brasil ainda depois nos deu, lançado a todos os esbanjamentos que, em fausto, tiveram em D. João V a sua característica histórica, Portugal muito tempo viveu da sua agricultura e um tanto do trabalho português no Brasil. Infelizmente, essa deslocação portuguesa do Continente para aquela nossa antiga Colónia, cada vez mais progressiva, ainda depois da sua independência, deixou fortes lacunas no arroteamento do solo nacional. Má administração do Estado, agricultura pobre, estagnada no que deixou a rotina, deficientíssima em extensão e técnica, indústria mais pobre ainda, a Nação largos anos foi vivendo como velha casa senhorial que vive do crédito, deixando abandonadas as suas terras.

Em objectivo da melhor exploração do solo, em vias de comunicação e no mais que à economia interessa, o Estado nada ou bem pouco fez durante largo período, para acudir ao aumento populacional a que subiu a Nação, sobretudo no século XIX, — determinante primordial da emigração, por-isso notavelmente maior nos fins desse século e princípios do actual.

Se em muitos daqueles que deixaram o solo pátrio dominou o audaz espírito de aventura do sangue lusitano, a determinante fundamental foi, para a maior parte, o desencontro crescente entre o consumo e a produção.

Em época que já vai distante, a emigração foi para nós durante muitos anos um benefício real; mas ao mesmo tempo que o desvio do arroteio da terra por essa causa ia crescendo — juntando-se-lhe o urbanismo a abrir falhas cada vez maiores — necessidades novas que

a civilização creou foram lançando o consumo cada vez mais longe da produção. Então, o ouro do Brasil um tanto amparava o desequilíbrio da nossa balança comercial, entre o muito que se comprava fora e o pouco que se produzia.

Foi sem dúvida enorme o benefício que a emigração então nos prestou; teve porém o inconveniente grave de nos iludir, por considerarmos o ouro que dela veio como parte integrante dos rendimentos normais da Nação. Habitou-nos a contar com esse rendimento anual e deu-nos um bem estar ilusório, semelhante ao do remédio que combate só o sintoma, deixando continuar o mal. E nesse ledó engano, chegou-se a crer que o país era rico — falaz riqueza financeira que ocultava a nossa pobreza económica — rico para aqueles que num momento, sem darem por isso, confundem riqueza financeira que, só, de pouco vale, com riqueza económica, que vale tudo.

O espírito humano é feito para admirar o triunfo dos que vencem e ficam, e esquecer depressa a derrota dos que sucumbem e desaparecem. O triunfo aponta-se, comenta-se e, quando dêle se faz generalização, não se vê o desastre que foi para muitos dos que partiram, nem a falta que fazem; mais não se vê que alguma abastança dos que voltaram.

Nas aldeias do Minho e da Beira, a «casa do *brasileiro*» com seu ar importante, destaca-se bem caíada, fora do casario escuro de velho granito. Sabe-se quem é o dono, — a fantasia do pobre multiplica-lhe os haveres; e sabe-se também na freguesia que com dinheiro do Brasil se compraram, aqui e além, courelas de terra que a outras courelas se juntaram. Isto enche o pensar humilde de quem vê, e exagêros de fortuna, no que se diz, avultam na imaginação de quem ouve. Tudo porém tem um significado positivo, que importa conhecer.

As compras de terra em regra não foram mais que mudança, para outro possuidor, de nesga já em cultura, raro entrando solo inculto a ser desbravado e lançado ao arroteio agrícola. Se de longe em longe, para cultivo, algum pedaço se arrancou à charneca, na nova fôlha em que entrou o arado tudo seguiu como nas outras — apenas talvez mais vivo o apanho — na velha rotina local, de lucro escasso. Terá esse cultivo mais activo fixado à terra alguns braços, mas tão mínguado tudo que, se houve ali melhoria, limitada ficou a pontos isolados, sem resultante de relêvo no labor da região. É por este lado a nota positiva que ressalta na observação atenta.

Entre o trabalho realizado fora do país e o que por falta de

braços em algumas regiões, não se fez em Portugal, é notável o desequilíbrio. Pôsto no prato da balança um e outro, bem mais pesará o rendimento do que realizámos fora, porque o oiro recebido do Brasil não é o produto integral do trabalho português lá realizado, como seria se fôsse trabalho feito no solo nacional: é apenas, quando muito, a diferença entre o trabalho total produzido ali e o trabalho perdido para nós daqueles que lá constituíram família e se fixaram, e dos que ali mourejaram e sucumbiram sem sucessão que proveito nos desse.

Êste é o «deficit» visível, mas há ainda outro valor importante em que ninguém repara, e que não se deve pôr de parte: é o do trabalho da descendência que lá ficou, e com êle o produto futuro de todo êsse esforço total de fecundação, — porque o trabalho da terra desbravada nela deixa abertas fontes de riqueza.

Se na emigração, graduada pelas nossas disponibilidades, não tivéssemos cedido muito mais que o excedente do que comportam as nossas condições económicas, pêso certo na balança das emigrações benéficas, a actividade dispendida pelos milhões de portugueses que a mais foram durante cinco séculos desbravar o solo brasileiro, aproveitada na agricultura de Portugal, em vez do oiro que esbanjámos, teríamos hoje riqueza económica certa. Mas, em gente que temos perdido, as nossas disponibilidades estão esgotadas, com um importante saldo negativo. Com uma população que não atinge cá seis milhões de habitantes e uma área enorme ainda inculta, só no curto período de quarenta anos (1873-1913) saiu do país um milhão de portugueses.

Sôbre a nossa emigração para o Brasil, é êste o balanço que a razão faz, ajustado, parece-nos, à mais elementar mas exacta ciência económica. Oferece-se perguntar se teria sido mais proveitosa a derivação para as nossas possessões da África. Não: para trabalho rude sob o clima de África, só os naturais. Do Continente, apenas dirigentes técnicos e, quando muito, capatazes. De resto, o abandono dos campos, enorme já antes da Guerra, cresceu depois com a mobilização militar e com a do urbanismo que, pelas conseqüências da Guerra, se lhe seguiu. Não a sente o Minho, pela densidade da sua população, e o mesmo sucede à Beira Central e Litoral; em outras regiões, porém, principalmente Trás-os-Montes, a emigração no seu caminhar dos últimos anos causaria, continuando, em curto prazo a sua ruína. Basta atravessar aquela província para, em grande parte, se ver bem dese-

nhada no seu «facies» agrícola tôda a miséria da sua vida económica.

Para a capacidade da nossa população e necessidades do nosso solo, a emigração tem sido assustadoramente grande. Pelas notas que temos à mão (infelizmente, vão só até 1929) vemos que em 1913 atingiu 67.366 emigrantes, e, se nos anos seguintes o número desceu, oferecia êle tendência para novamente se elevar, como mostra a de 1929, que foi de 60.318. De nada serve porém desfiar aqui números de estatística; melhor seria dar valores concretos do prejuízo que a emigração nos tem dado. O que primeiro importa conhecer é o valor de produção de um emigrante no Continente, depois a relação entre as disponibilidades trabalhadoras e a extensão de trabalho a executar. Ora, a questão neste momento não tem solução em números exactos, num país sem inquérito agrícola, e de tão insuficientes recursos estatísticos.

Oliveira Martins, há 40 anos (no seu livro *Economia Nacional*), adoptou para Portugal, como valor do que perdemos por cada emigrante, a cifra de 180 libras, que os Estados Unidos então atribuíam a um imigrante; mas, entre as noções perfeitas que aquele ilustre publicista nos deu, desta em absoluto discordamos. Em nosso juízo, o valor de um homem, como máquina de trabalho, é o valor do seu trabalho útil, variável no tempo e no espaço, sujeito a tôdas as condições económicas do trabalho, que até no mesmo país e na mesma época variam,—e assim, tem um valor no país em que entra e outro no país de onde sai; a diferença desses valores devia ser a determinante natural da emigração. Ora, os Estados Unidos, ninguém o ignora, é um dos países que mais se afastam do nosso na valorização do trabalho, e semelhante cifra calculada para americanos é, por isso mesmo, de todo o ponto inaplicável a Portugal.

Se a cifra adoptada por Oliveira Martins não estivesse errada, parece-nos, a emigração de 1929, aliás inferior à de 1913, representaria em proveito alheio (já não se diz prejuízo nosso) uma saída nesse ano superior a 10 milhões de libras,—ou seja mais do dôbro dos 4 milhões entrados, segundo o cálculo há anos feito.

Em cálculo de emigração, não podemos porém entrar com tais valores,—nem êsses, nem aqueles que alguns economistas atribuem ao «capital-homem»; tal cifra não representa mais que um valor médio, provável, do que um homem custa à pátria,—o resultado do balanço entre o que consome e o que produz (os italianos calcularam-no em 1.500 liras, os alemães no máximo de 900 marcos), avaliando por aí a

perda. Estaremos nós em êrro, mas a nossa razão não aceita dar ao «capital-homem», no caso especial da emigração, o mesmo valor que se lhe dá nos casos gerais que em Economia se tratam, não considerando aí mais que o valor do trabalho mecânico *imediatamente utilizável*. Embora isso à primeira vista esteja bem, o valor não é o mesmo, como é fácil reconhecer dentro da mecânica biológica, vista em esquema.

Em primeiro lugar, a máquina animal transforma em trabalho mecânico «imediatamente utilizável» só uma parte muito restrita do que consome,— $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{6}$, segundo os melhores cálculos; outra parte transforma-se em trabalho interno—as trocas da vida celular e o funcionamento de todos os órgãos—e transforma-se enfim outra em energia que se conserva em «estado potencial», segundo a perfeita designação de Rankine, para toda a energia que não é «cínética». Sob essa forma se acumula a que é necessária à conservação da vida, e ao lado desta, no mesmo estado potencial, segundo a capacidade do organismo, aquela que num dado momento vemos aparecer sob formas diversas de energia «livre», *exteriorizada* em formas também diversas de trabalho útil.

Avaliando o «capital-homem» só por êsse trabalho mecânico «imediatamente utilizável», é o mesmo que comparar a máquina animal a um motor inanimado, e por mais que se procure aproximá-los, escolhendo como tipo de transformador o que mais se aproxime, à parte êsse subordinio genérico ao princípio de Carnot—Clausius, no valor do trabalho total a aproximação é impossível. Pondo-nos fora da energética geral da vida, cometemos sempre o êrro de olhar só o trabalho na sua forma grosseira, desprezando formas de energia susceptíveis de elevar o valor do resultado final. Libertas do estado latente no ciclo das suas transformações, constituindo qualidades físicas de vigor e actividade, ou qualidades morais de decisão e inteligência, elas representam uma *capacidade produtora* que dá o valor real do «capital-homem». Se não fôsse assim, aquele que produz um limitado trabalho, mas que, ao mesmo tempo, acumula soma de conhecimentos que um dia aproveitarão à civilização, não se valorizaria mais que por êsse trabalho diário, e, em resultado útil, pouca diferença haveria entre um sábio e um ignorante.

Nas questões de generalização, em ciência económica, não podemos considerar todos estes factores de apreciação, que as complicariam: desprezam-se, metendo no cálculo o valor do *tipo-médio*,

avaliando-o pelo que no maior número imediatamente se *exterioriza* em «capacidade produtora». Mas, na emigração, o valor que se perde em «capital-homem» é muito superior ao do tipo médio. Avaliando-o pelo que produz, temos todavia de ter em conta um factor em que não se tem feito reparo,—e esse é que, dentro da nossa raça, pelo menos, o homem que emigra e que o faz por iniciativa própria, é sempre um indivíduo de selecção, ordinariamente vigoroso e sadio—organização normal forte de energia e vontade—que em regra consultou o que poderá o seu esforço, e que dêsse balanço de si próprio tirou a resolução de ir procurar trabalho fora da sua pátria. Em capacidade produtora, o emigrante está, pois, acima do tipo médio, e não podemos dar-lhe valor igual ao valor médio que ao «capital-homem» se atribui em cada país.

Isto primeiro. Em segundo lugar, as coisas não valem só pelo que custam ou pelo que isoladamente produzem: valem também pela falta que fazem quando se perdem,—e o mesmo se dá com a máquina-homem; de onde, além do valor absoluto que se perde no emigrante, há ainda o *valor relativo* que, por cada homem que sai, está dependente da capacidade colectiva dos que ficam. A possibilidade da sua substituição no trabalho, ou seja—dentro da densidade de população—as disponibilidades que há para a quantidade total de trabalho a executar, marca naturalmente o *valor relativo*, de que muito depende principalmente o custo da mão d'obra, mas que com êle se não confunde, como é fácil ver, comparando o que se passa aqui com o que se passa em qualquer sistema mecânico de trabalho colectivo, porque da perda de um certo número de unidades de trabalho o resultado é o mesmo, quer se trate da máquina animal ou de outra.

Numa fábrica de lanifícios, a perda de algumas lançadeiras, num tear montado para um *determinado número*, não representa mais que a perda do que custaram, se elas são imediatamente substituídas; mas se, exigindo a urdidura e sua trama aquele número, a fábrica não as pode substituir, esse tear tem necessariamente de parar, ficando o fabrico reduzido ao trabalho dos outros. O mesmo sucede em uma exploração agrícola, onde não raro se suspende a exploração de uma das suas fôlhas, quando para ela o número de braços seja economicamente insufficiente. Nesta questão como em tantas, o *valor relativo* é um valor real a que temos de atender.

No trabalho de oficina, nas indústrias mecânicas, pode isso valer zero—operários que saem poderão ser facilmente substituídos—

não se dá porém o mesmo nos trabalhos agrícolas. Observa-se bem em algumas regiões do Continente, mais ainda nos Açores, onde tem ficado trabalhos parados por serem insuficientes as disponibilidades daqueles que sabem executá-los, não obstante haver aqueles que, educados num mester e não se sujeitando a outro, emigram. Resulta daqui o paradoxo de *uma emigração por falta de trabalho, em sítios onde são braços que faltam e não trabalho*.

Poucas noções têm valor absoluto: na emigração, a do «capital-homem» não o tem; as condições de trabalho dominam tudo, e dentro delas as da *raça*; quem medisse o trabalho de um europeu pelo de um «coolý» chinês cometeria um absurdo. Entre os operários do campo e os operários de oficina portugueses, o transmontano e o beirão são como organismo transformador de energia, na nossa *raça*, o tipo do trabalhador economicamente produtivo; somado o seu valor natural ao seu valor de selecção como emigrante, a perda por cada indivíduo que sai da Metrópole está, como se vê, acima de todos os cálculos teóricos nas bases em que andam assentes.

Mas isto não é tudo. Há ainda um valor que se perde, já aqui apontado, em que não se repara, ainda produto da energia que em cada um ficou nesse estado «potencial» que considerámos:—é o valor da descendência, que tem de se contar na colectividade, não só a descendência que clandestinamente de cá tem ido, na idade em que consumiu e não produziu, como também a que nasce fora da Pátria, da qual a maior parte não regressa. Não tem ela um valor produtivo? Não vai abrir fora do solo pátrio fontes de riqueza, de que a Nação não tira proveito, sobretudo de tantos que fora se naturalizam? Como se vê, tudo que entre nós corre sobre esta questão, grave para Portugal, está muito àquem da verdade.

Reportando-nos ainda a 1929, vemos que nesse ano a emigração atingiu (*Boletim da Inspeção Geral dos Serviços de Emigração*) a cifra de 46.801 indivíduos saídos do Continente por mar e por terra, e de 7.517 saídos dos Açores,—o que dá o número 54.318; aceitando o cálculo aproximado na estatística se encontra, de 6.000 saídos clandestinamente, temos um total de 60.318 emigrantes. Contando aí, pelo computo há anos feito, a gente do campo em 43,6 %, o número de rurais teria sido de 26.298. Este número, a marcar falhas no trabalho agrícola, parecerá exagerado, por não contar com a gente de retôrno e com a que não encontraria ocupação na vida dos campos. Certo é porém que, daqueles que regressam poucos são os que com o

seu braço voltam a trabalhar a terra, e para uns e outros dá bem o que há a menos no computo de 43,6 %.

Na verdade, esta percentagem de rurais deve ser bem maior, porque para mais rápida ou melhor colocação lá fora, sobretudo no Brasil, inculcam-se como artífices de oficina homens que nalgumas aldeias não o são senão nos dias de descanso agrícola, ou quando pelo mau tempo lhes falta o trabalho nos campos.

Desviado o seu braço da agricultura nacional, desviado nesse veículo o capital que em jornais aí devia entrar, o resultado pode deduzir-se sem grande dificuldade. Em capital inicial de exploração já isso se calculou em 20 milhões de escudos. Cálculo gratuito? Talvez. Todavia, por certo elevada é a cifra do capital que não entrou na terra, que não deu aí rendimento. Qualquer que seja, seria essa para a nossa agricultura a perda mínima. Em seu verdadeiro valor económico, o capital inicial que entrou na terra dali regressa, aumentado do lucro, para de novo lá entrar, etc., de sorte que o prejuízo numa terra que ficou *paradano* é só o prejuízo da perda do rendimento correspondente ao capital inicial, mas em verdade o que corresponde ao capital que anualmente aí circula.

Atrás fez-se referência a Trás-os-Montes, porque no Continente é a província (sobretudo o distrito de Bragança) mais sangrada pela emigração; mas o que ali se dá também se observa, embora menos funestamente, em outras regiões do País. O capital que a emigração dali desvia, quando não fica em depósitos bancários, em títulos e outras formas triviais de crédito, dirige-se para o Comércio ou para a Indústria. No primeiro caso, não obstante o activo na circulação da riqueza e redução do desemprego, sabe-se em que fica o desenvolvimento comercial sem produção paralela: maior saída que entrada de oiro, e não raro funesta multiplicação de intermediários.

No segundo caso, num país radicalmente manufactureiro, autónomamente industrial, tudo ficaria compensado, porventura com um largo saldo positivo, como sucede, sem ir mais longe na vizinha Espanha com os recursos do sub-solo biscaíno e outros; mas Portugal não tem disponibilidades para indústria autónoma. As suas necessidades de carvão e ferro—aquele só parcialmente substituível pela energia hidráulica—e a importação da maior parte das matérias-primas, colocam a nossa indústria na permanente dependência da produção estrangeira, fabricando em condições de preço que a põem fora dos mercados externos.

Isto é elementar, de todos sabido. Convém porém lembrá-lo para não esquecermos que, em país como o nosso, todo o desvio de capital de uma agricultura que possa ser francamente exportadora, dirigido em recta para o Comércio e parcelar Indústria fabril, pode dar-nos muita coisa excelente, mas não nos dá o oiro necessário ou que oiro valha,—e, se a base fundamental na resolução do problema nacional é «educar e trabalhar», o critério positivo, na aplicação rendosa do trabalho entre nós, é desenvolver o Comércio e a Indústria com o que nos der a agricultura, não com o que lhes tirarmos.

Portugal está por certo numa daquelas situações especiais que alguns economistas não consideram, olhando a emigração como fenómeno social benéfico, quando, como fenómeno social, obedece a outros fenómenos de ordem económica e também de ordem psíquica, sujeitos a variações cujo resultado é incerto. Discordamos dêsse modo de ver absoluto, como também nossa razão não aceita a conclusão do falecido economista prof. Bento Carqueja (*O Povo Português*, página 510), qual é a de, pela maior valorização do «capital-homem» que a emigração nos traz, resultar o seu saldo negativo transformar-se em saldo positivo,—que em tempos alguém calculou em quatro milhões de libras anuais. Essa conclusão não está certa. Êsse saldo é ainda um valor negativo, como vamos ver:

Segundo êsse cálculo de há anos, Portugal recebia, principalmente do Brasil, quatro milhões de libras anuais. Admitamos, a favor dessa conclusão, que era produto de trabalho português,—embora isso não esteja certo, porque há que ter em conta as fortes remessas que, até há dois anos, eram todos os dias dirigidas a numerosos súbditos brasileiros aqui residentes. Êsses quatro milhões representariam o rendimento do que tinha sido capitalizado pelos que regressaram, somado às modestas remessas daqueles que lá fora trabalhavam ainda. Da parte respeitante aos que regressaram, parcela mínima entrou na nossa agricultura; a maior parte gastou-se na vida de aparato — êsse psiquismo do «novo-rico» é de todos os tempos—e nem tudo ficou na Nação: bôa parte dispersou-se pelo Estrangeiro em viagens de prazer.

Mas, remigrantes e não remigrantes, fora do país abriram fontes de riqueza, que outros continuaram ou aqueles que com sua descendência lá se fixaram: fábricas, casas exportadoras, emprêsas diversas e outros valores de produção futura, perdidos para Portugal. Dêsses, os que saem clandestinamente ainda longe da idade militar e

que lá fora se fixam, em regra, representam para nós um valor negativo, — saldo de quem consumiu e não produziu.

Muitos são êsses portugueses, filhos e netos de portugueses (quem o ignora?) que no Brasil, desde a Monarquia à República, têm estado na linha de frente da luta económica dessa grande Nação, à qual têm dado o melhor do seu esforço. Valerá apenas quatro milhões de libras o que dessa actividade do sangue português tira anualmente o Brasil?

É indiscutível que êsse rendimento não o tiraria o País nas condições em que por êsse largo período andou a sua actividade económica; porque isso foi assim, a emigração representou então para nós, como recurso, já aqui se disse, um benefício real.

Mas, o benefício de uma época não é razão para, noutra, ela se manter, sobretudo nas condições desastrosas em que tem seguido sempre, completamente abandonada do Estado—foi êsse um dos seus maiores males—sem amparo regulador, consoante a capacidade individual e, principalmente, consoante as disponibilidades populacionais, medidas pelo avanço do desenvolvimento agrícola e industrial do país.

Poderá dizer-se que o trabalho dos emigrantes é no solo pátrio menos produtivo,—e, sem dúvida, assim é em muitos ramos da nossa actividade. Mas Deus nos defenda de tal estímulo com carácter de seqüência, como regra a seguir, hoje e amanhã na emigração portuguesa. A maior produtividade do esforço migratório, se resulta de melhores condições de trabalho lá fora, resulta também da selecção que, como mostrámos, a emigração em regra representa, levando-nos o que de melhor temos, em certo aspecto da sua constituição física e, sobretudo, da sua formação moral, em actividade, energia e decisão. Amanhã, quando, aproveitando sãbiamente recursos que não nos faltam, se nivelem as condições do trabalho nacional com as de fora, ninguém poderá *á priori* assegurar que não dê rendimento igual, neste país, a gente válida que dêle foge.

Há ainda, na situação actual de Portugal, outra razão que se soma às que já vimos. A emigração, quando abre crise como a nossa, reduz ao mesmo tempo por duas influências a quantidade de trabalho total: a influência do menor número e a do menor esforço. Ainda não vimos isso devidamente considerado, mas certo é que onde há falta de braços o trabalho atinge, não é raro, preços tais que o lavrador recorre à única defesa que lhe resta: reduzir as suas fôlhas de exploração—, ao mesmo tempo que, entre os trabalhadores do

campo, tanto como entre o operariado de oficina, nessa orientação cada vez mais dissociativa entre o trabalho e o capital, cada um trabalha o que quer: oito horas nem sempre valem mais que seis—, cá-bula freqüente em algumas regiões do país.

Vejamos agora, na continuação desta análise, em que fica o saldo do valor produtivo dos que regressam. Também, sob este aspecto, não se pode aceitar a maior valorização que o citado professor lhe atribui. Se não tivéssemos outros elementos, bastaria a sua própria observação referente ainda a 1913, feita com o seu cuidado de minucioso investigador, sobre as condições económicas dos repatriados (loc. cit. pág. 415). Aceitamos a sua observação, mas para daí tirarmos a conclusão de que, ainda por esse lado, o saldo é negativo.

O cálculo é simples, medindo, como atrás se fez, e segundo o critério de autoridade tal como a de Colleti, o valor económico de um homem pelo seu trabalho útil, não podendo esquecer-se que este, como transformação de energia, é função natural de organização e saúde. Ora, em troca dêsse potencial que a emigração nos leva, o retôrno traz-nos uma saliente percentagem de inválidos menos pela idade que pela doença.

Trazendo a este julgamento mais dois nomes italianos, visto que os italianos são mestres nestas questões, escolheremos os mesmos que aquele autor português também escolheu—os de Raseri e de Montano—mas nós para chegarmos a conclusão oposta, tão diferente é da sua. O primeiro diz-nos que a emigração é um factor de difusão na Itália, entre outras enfermidades, da tuberculose e da sífilis; o segundo, de maneira mais precisa, avalia em 30 % os que regressam à pátria obrigados pela doença. Seremos nós em Portugal mais felizes?

Nada se sabe de números oficiais, mas de outras fontes podemos concluir um resultado que não é mais tranquilizador, embora não se ponha no quadro tôdas as doenças que Raseri considera, porque não têm para nós o mesmo valor de difusão, destacando-se aquelas duas, cuja propagação é assaz conhecida. Nos Açores, por exemplo, o retôrno anual norte-americano de Boston, Fort-River, New-Bedford, S. Francisco, etc., dá um funesto derrame da tuberculose que, com excepção maior do Pico, alastra pelo Arquipelago, reclamando intervenção severa do Estado. No Continente, além dos tuberculosos que a remigração nos traz, temos de contar com a legião dos impaludados, sobretudo dos que têm vindo das margens do Amazonas: uns portadores de paludismo febril, tanta vez seguindo por falta de tratamento para essa forma assaz grave que é a anemia pa-

lustre, em que sucumbem; outros, com estragos da mesma origem, arrastam doenças de fígado que, se umas são curáveis, outras vão até à funesta degenerescência do órgão, à cirrose irremediável. Estão cheios destas notas os registos clínicos das nossas estações de águas do Gerez, Vidago e Pedras Salgadas, não entrando na conta aqueles que se dirigem lá fora e, sobretudo, os que não têm meios para êsse tratamento, e êsse é o maior número.

Há quem pretenda que as condições dos remigrantes não são tão más como se supõe porque, se assim fôsse, «a emigração teria certamente cessado há muito», visto que uma parte é alimentada pela influência de parentes e amigos. É um êrro de psicologia. No jôgo da lotaria há um número premiado, por não sabemos quantos números brancos; tôda a gente o sabe, e êsse jôgo ainda não acabou.

Contemos essa legião de arruinados de ambos os sexos—e largo número por êles contagiado cá—na maior parte incapazes para trabalho aturado no campo e nas oficinas, e contemos a sua descendência, umas vezes contaminada, outras na conseqüente miséria fisiológica, não raro enfraquecida, predisposta para a doença, sobretudo quando há consangüinidade mórbida nos progenitores,—e aí temos, por mais êsse lado desastroso, em que fica êsse saldo *positivo* dos remigrantes, e por que preço sai a parcela dos tais quatro milhões de libras,—tal que, em vez de um saldo positivo, é ainda um saldo *positivamente negativo*.

Êsse cálculo feito há anos, errado no que em rendimento se atribuí à nossa emigração, passou a cifra que, flutuando entre correntes desencontradas de ordem social e financeira—intranqüilidade no país, divisa cambial, etc.—ficou sujeita às maiores variações, e de dia para dia foi sendo mais falsa. Hoje, a nova legislação Norte-Americana sôbre imigrantes e, acima de tudo, o que há três anos decretou o Brasil para saída de valores em operações bancárias, reduziram-na a número insignificante.

Nos seus *Estudos de Economia Nacional* (Dissertação de concurso à cadeira de Economia Política na Escola Politécnica de Lisboa), o Sr. Dr. Afonso Costa atribuí «amplas compensações» ao capital que a emigração consigo leva, mas não entra em conta exacta com aquele que os emigrantes por si representam, e êsse é, como já mostrámos, incomparavelmente maior. É êste o lado mais fraco de uma argumentação antiga, que constituiu já um lugar-comum, assaz frágil aplicado a Portugal.

Defendendo a emigração para o Brasil, êste autor, segundo antiga orientação, em outros tempos aceitável, cai no velho êrro de ver a questão só por um dos seus aspectos. Apreciando-a pelo lado financeiro, esqueceu talvez, como tantos têm esquecido, quanto, já aqui se disse, o interêsse financeiro é inconsistente e movediço, quando não assenta em sólida base económica; e nessa orientação, uma das razões que põe em relêvo é a do *consumo dos nossos vinhos* no Brasil, que a emigração para ali arrasta.

Argumento inadmissível êsse, que seria, em país de extensa área ainda inculta, funesto princípio a justificar o despovoamento de uma parte, em troca de mercado para a produção a que outra fica reduzida. E não está certo porque, se a colónia portuguesa no Brasil há anos nos abriu ali mercado para Brasileiros, e para Portugueses que saíram da mediocridade, não é o consumo do grosso do imigrante, sempre em ânsia de poupar, que o mantém hoje e o manterá amanhã ali. Ao alcance das condições precárias da maior parte, melhor se oferecem já hoje, e mais no futuro, os produtos baratos do Chile e da Argentina, e sobretudo os que, em progressos de arroteio vitícola, vão dando alguns Estados do Sul do Brasil.

Mas, em certo aspecto, muita razão tinha o Sr. Dr. Afonso Costa quando em 1911 escreveu (tinha-a na época e ainda depois da época em que escreveu): «... são os pobres beirões e minhotos que daqui foram rotos e famintos, que pagam de lá, do Brasil, as custas do descaladro em que o país viveu durante tantos anos». (loc. cit. pág. 129). Foi em verdade êsse descalabro da nossa administração, seguindo ainda durante largos anos depois, a causa principal da nossa emigração.

Mas, a sua afirmação de que *é ela que nos vale nos nossos apuros de contabilidade internacional*, essa, em significado extensivo no tempo não está certa. A emigração para o Brasil reduziu-se consideravelmente nos últimos dois anos e, independentemente disso, por essa redução das transferências bancárias decretadas por aquele Governo, o país perdeu 70 % do capital que da nossa emigração dali nos vinha. No entanto, parece que não lhe fez isso grande falta para ter hoje tôda essa sua contabilidade internacional perfeitamente regularizada, cobrir amplamente o seu *déficit* orçamental, e ainda ter pão, que dantes não tinha.

Como se vê, o optimismo absoluto de alguns economistas sobre esta questão importante—rigidez de critério que não pode admittir-se dentro da elasticidade das coisas económicas—desbota comple-

tamente com relação a Portugal, perante o que a análise serena descobre. A emigração só é vantajosa quando não abre lacunas no trabalho nacional. Justifica-a o esforço mal remunerado, acima de tudo a falta de trabalho, subordinado êste às condições de nascimento e educação de cada um, e o desemprego que em certas classes a máquina, dia a dia mais perfeita, enormemente agravou.

No entanto, nem sempre a determinam necessidades de ordem material, a que Marnôco e Sousa e Anselmo de Andrade, talvez por seguirem o critério unilateral de Bordier—a frequência da sua relação com a densidade da população—deram demasiada importância. Influência poderosa, sem dúvida, a densidade da população; todavia, carece sempre de outras influências que se lhe associem,—e assim é que na Bélgica, o país de maior densidade da Europa, o fenómeno migratório não tem relêvo.

Assaz complexo em suas causas, o fenómeno em certos povos frequentemente obedece à influência, dominante no homem, da sua formação moral: certa ambição legítima e espírito de independência—determinante principal da emigração inglesa—ou sugestão alheia, a tradição local, que no Norte de Portugal se soma a alguma coisa de quimérico, tanta vez na imaginação da gente simples, nos povos latinos.

Portugal não está nas condições da Grécia, nem nas da Itália, Inglaterra, Bélgica ou Alemanha. A emigração grega, dantes de preferência dirigida para as antigas terras da Ásia Menor, obedecia às necessidades de um povo em país de poucos recursos, árido de solo e clima. A Itália, antes da guerra, em estado de superpopulação na Toscana, Piemonte, Lombardia, e numa boa parte da Itália do Sul, tinha aí a causa única da sua emigração para a América Latina e Estados Unidos.

A emigração inglesa, determinada por êsse forte espírito de decisão e independência, criado na sua formação particularista, menos hoje obedece a uma necessidade de ordem material que a influência de ordem moral,—cada um procurando, feito o seu «self-control», lar confortável e independente. O orgulho britânico, em cada indivíduo dentro da sua pátria, dificilmente se curva a dependências que possam humilhá-lo.

Na Irlanda, a situação criada pela baixa capacidade produtora do solo, insuficientíssima para as necessidades da população, agravada por influências de ordem administrativa e outras, foi nesse país a causa da sua desastrosa emigração.

De nenhuma dessas influências sofre a Bélgica. Não obstante

a forte densidade da sua população, a magnífica fertilidade do solo oferece trabalho remunerador a uma parte da sua activa população, ao mesmo tempo que a considerável riqueza do sub-solo e a rêde da sua variada e forte indústria, favorecida a exploração e o comércio por todos os meios de circulação ferroviária e fluvial, fixaram no trabalho mineiro e nas oficinas todo o excedente das ocupações rurais.

A nossa situação é inteiramente diferente. Um país que se diz «essencialmente agrícola», em matéria de agricultura sòlidamente económica, progressiva, há ainda muito por fazer. Marcada de excelentes possibilidades de exploração rendosa, a nossa área inculta, pelo menos em planaltos e vertentes, é ainda enorme. Não temos ramificação ferroviária ou outra que satisfaça a tôdas as necessidades de circulação; as nossas matas, exceptuando as do Estado, estas de exploração modelar, andam de todo alheias a «ordenamento»; canais de irrigação é um problema já pôsto em equação, ainda porém longe de solução em números inteiros e positivos; de barragens, aproveitamento da energia hidráulica, . . . tudo em atrazo—, sem proveito a lição da Espanha e da Itália, não obstante haver na nossa engenharia agromómica técnicos dos maís distintos.

Para tanto que está por fazer, não há gente de maís,—a emigração, hoje, só valores negativos nos pode dar.

Há muito foi escrito o que aquí fica exposto. Quando se escreveu, acabara o govêrno do Brasil de limitar as transferências bancárias externas daquela República,—e essa medida consideravelmente reduzia para ali a corrente migratória de todos os países, sem excepção do nosso. Não havia já razão para poder merecer qualquer interesse esta análise nesse tempo feita; inútil dar-lhe publicidade, e assim então se fez.

A nova orientação, porém, do govêrno Brasileiro, no seu conhecido convênio financeiro de há três anos, e o que se lhe seguiu, por certo virão no decorrer do tempo restabelecer o caudal antigo da nossa emigração, possivelmente, pela carestia da vida, mais volumoso amanhã. A questão retomou pois o antigo aspecto—problema da nossa vida económica, delicado a resolver—reclamando da parte do Estado medidas reguladoras que ponham ponto, maís não pode ser, à forma desordenada da nossa emigração—nela vai gente de todo inculta—que é dos seus males o maior.

Isso nos levou a apartar agora o que há anos se escreveu, e dar-lhe publicidade.

NOTA

Coube-nos há anos, por bondosa deferência de nossos colegas, o encargo da “oração de Sapiência,” na abertura do ano escolar do Instituto em que temos sido professor. Do assunto que aí tomámos por tema, entendemos dever retirar nesse momento a parte que agora aqui se considerou. Tratando-a sob aspecto novo—critério oposto ao modo de ver corrente—não nos sentimos então com o direito de, em conjuntura desse género, marcar opinião que poderia estar em completo desacôrdo com a dos nossos colegas do Instituto. Falando em nome da Escola, cumpria-nos deixar fora da crítica, que pudesse vir a atingir o autor, quem para tal missão nêle havia confiado.

Hoje, o momento é outro: do que agora aqui se tratou, a responsabilidade só a nós pertence. Entregando êste escrito aos *Anais* do Instituto, segundo nosso intento, o último que como professor assinamos—o nosso estado de saúde nos obriga a deixar definitivamente o ensino—entendemos dever dar, àqueles que aqui deixamos em sua difícil missão, testemunho certo do nosso affectuoso e alto apreço.

Quem isto escreve—sacudidas pela idade ilusões que só encontram fundo na vaidade humana—tem noção certa do fraco rendimento, não importa a causa, dos seus últimos anos de ensino. Suas insuficiências porém nunca o impediram de dar ao esforço alheio o que de direito lhe pertence. Êsse espírito seguiu sempre, sem um só desvio—indiferente a que outros o seguissem ou não—aproveitando conforme podia, se isso era oportuno, a luz franca da publicidade. Assim procedeu há 28 anos, em prefácio de livro seu (*Leitaria Moderna*, 1.^a ed.) repetindo-o na mesma obra, na edição seguinte, e em outra obra sua (*Trat. de Vinificação*, 1929—prefácio) o mesmo espírito mais larga e expressivamente o guiou.

Hoje, aquilo que na comunhão da vida escolar se formou—o tempo individualizando o que, extensivo à Escola, já vinha de longe—por boa razão requiere que êsse testemunho do nosso sentir para êstes *Anais* se transporte. O livro tem vida efêmera,—o tempo cedo o leva; os *Anais*, história de uma parte do labor da Escola, conservarão o tributo que a seus colegas presta o autor.

Lisboa, Junho de 1936.

Índice Geral do Volume VII

FASC. 1.º

	Pág.
PROF. FERNANDO DE ALMEIDA E VASCONCELLOS—Uma prioridade da ciência matemática portuguesa — Daniel Augusto da Silva e a constituição da astática (1814-1878).....	7
PROF. A. SOUSA DA CÂMARA—Efeitos dos Raios X nos cromosomas do <i>Triticum monococcum</i> — Sua análise na apreciação da filogenia do trigo.....	29
PROF. RUI DE FERRO MAYER — Contribuição para o estudo dos factores climáticos nas suas relações com a hidráulica agrícola.....	62
PROF. C. DE MELO GERALDES — Breves considerações sobre a protecção da flora nas Colónias.....	105
PROF. C. DE MELO GERALDES — Sobre o futuro da palmeira do azeite nas nossas Colónias perante a concorrência das plantações do Oriente.....	115

FASC. 2.º

PROF. A. CÂMARA — Uma hipótese sobre o mecanismo das translocações.....	135
PROF. RUI DE FERRO MAYER — Notas sobre o problema da avaliação do escoamento.....	156
PROF. A. CÂMARA — Elementos para o estudo da indução de poliploides no trigo.....	214
PROF. AD. BAPTISTA RAMIRES — Aspecto paradoxal da emigração portuguesa—Análise positiva.—Valores negativos.....	254

